



ПОЛТАВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АГРАРНОЇ АКАДЕМІЇ

□'2020

Матеріали друкуються
мовами оригіналів –
українською та англійською

Науково-виробничий
фаховий журнал
2020, № 1 (96)

**ВІСНИК
ПОЛТАВСЬКОЇ
ДЕРЖАВНОЇ
АГРАРНОЇ
АКАДЕМІЇ**

**BULLETIN
OF POLTAVA
STATE
AGRARIAN
ACADEMY**

Адреса редакції:
36003, м. Полтава,
вул. Г. Сковороди, 1/3,
Полтавська державна
аграрна академія,
редакційно-видавничий відділ
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua
<http://www.pdaa.edu.ua>
<https://doi.org/10.31210/visnyk>

ЗАСНОВНИК –
Полтавська державна
аграрна академія.
Видається з грудня 1998 року.
Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17244-6014 ПР від 21.10.2010 р.

© «Вісник Полтавської державної
аграрної академії», 2020



POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY

□'2020

Materials are published in original
languages – Ukrainian and English

**Scientific and production
professional journal**
2020, № 1 (96)

**ВІСНИК
ПОЛТАВСЬКОЇ
ДЕРЖАВНОЇ
АГРАРНОЇ
АКАДЕМІЇ**

**BULLETIN
OF POLTAVA
STATE
AGRARIAN
ACADEMY**

Editorial board address:

1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003
Ukraine,
Poltava State Agrarian Academy,
Editorial and Publishing Department
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua
<http://www.pdaa.edu.ua>
<https://doi.org/10.31210/visnyk>

FOUNDER –

Poltava State Agrarian Academy.
Has been issued since December 1998.
Certificate of state registration
KV No. 17244-6014 PR of October 21, 2010.

© Bulletin of Poltava State
Agrarian Academy, 2020

Науково-виробничий фаховий журнал *Вісник Полтавської державної аграрної академії* включено до «Переліку наукових фахових видань України» **Категорія Б**, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії з сільськогосподарських, ветеринарних та технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р.).

Виходить чотири рази на рік.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова Редакційної ради

В. І. АРАНЧІЙ, к. екон. наук (Україна)

Головний редактор

О. О. ГОРБ, к. с.-г. наук, (Україна)

Заступники голови Редакційної ради

М. С. САМОЙЛІК, д. екон. наук, (Україна)

Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)

Заступник головного редактора

П. В. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ

Редакційна колегія з галузі «Сільське господарство»:

А. ДОЛГАНЬЧУК-ШЬРУДКА, док. габ. (Польща)

А. В. КАЛІНІЧЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна, Польща)

І. В. КОРОТКОВА, к. хім. наук (Україна)

В. Ю. КРИКУНОВА, к. хім. наук (Україна)

М. М. МАРЕНИЧ, к. с.-г. наук, (Україна)

Н. М. ОПАРА, к. с.-г. наук, (Україна)

В. М. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

А. А. ПОЛЩУК, д. с.-г. наук, (Україна)

С. В. ПОСПЄЛОВ, к. с.-г. наук, (Україна)

М. РАЙФУР, док. габ (Польща)

Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)

А. О. ТАРАНЕНКО, к. с.-г. наук, (Україна)

А. М. ШОСТЯ, к. с.-г. наук, (Україна)

Редакційна колегія з галузі «Ветеринарна медицина»:

А. А. АНТІПОВ, к. вет. наук (Україна)

В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)

О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)

О. Б. ГРЕБЕНЬ, к. біол. наук (Україна)

В. О. ЄВСТАФ'ЄВА, д. вет. н. (Україна)

Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)

Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)

О. В. КРУЧИНЕНКО, к. вет. наук (Україна)

Т. А. КУЗЬМІНА, к. біол. наук (Україна)

С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)

Т. П. ЛОКЕС-КРУПКА, к. вет. наук (Україна)

В. В. МЕЛЬНИЧУК, к. вет. наук (Україна)

О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

Редакційна колегія з галузі «Технічні науки»:

О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)

І. А. ДУДНІКОВ, к. тех. наук (Україна)
С. Б. КОВАЛЬЧУК, к. тех. наук (Україна)
О. М. КОСТЕНКО, д. тех. наук (Україна)
В. М. САКАЛО, к. тех. наук (Україна)
В. О. СУКМАНОВ, д. тех. наук (Україна)
В. О. ШЕЙЧЕНКО, д. тех. наук (Україна)

Члени Ради почесних членів:

А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)
З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)
О. ПЕРЕХОЖУК, д. екон. наук (Німеччина)
В. М. САМОРОДОВ, заслужений винахідник України (Україна)

Журнал рекомендовано до друку за рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (наказ № 40 від 18.03.2020 р.)

Назва, концепція, зміст і дизайн «Вісника ПДАА» є інтелектуальною власністю Полтавської державної аграрної академії й охороняється Законом України «Про авторські та суміжні права». Матеріали друкуються мовою оригіналу. У разі передруковування посилання на «Вісник ПДАА» є обов'язковим.

«Вісник Полтавської державної аграрної академії» індексується у електронних бібліотеках, каталогах, репозиторіях та міжнародних наукометричних базах даних: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ELIBRARY.RU, ELECTRONIC PORTAL VSENAUKI.RU, УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine

За точність перекладу, цифр, географічних назв, власних імен, цитат та іншої інформації несе відповідальність автор.

Видавець – редакційно-видавничий відділ Полтавської державної аграрної академії: 36003, м. Полтава, вул. Г. Сковороди, 1/3, корп. 4, каб. 510,
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

Scientific-production professional journal *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy* is included in the "List of scientific professional editions of Ukraine" **Category B**, in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences can be published (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine №409 dated 17.03.2020).

The journal is published four times a year.

EDITORIAL BOARD:

Chief of Editorial Council

V. I. ARANCHIY, Cand. Econ. Sci. (Ukraine)

Editor-in-chief

O. O. GORB, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Deputy Head of Editorial Council

M. S. SAMOILIK, Dr. Econ. Sci. (Ukraine)

T. O. CHAIKA, Cand. Econ. Sci. Professor (Ukraine)

Deputy Chief Editor

P. V. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Editorial board in the field of «Agriculture»:

A. DOLHANCZUK-SRODKA, Dr. hab. (Poland)

A. V. KALINICHENKO, Dr. Econ. Sci. (Ukraine, Poland)

I. V. KOROTKOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

V. YU. KRYKUNOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

M. M. MARENYCH, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

N. M. OPARA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

V. M. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

A. A. POLISHCHUK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

S. V. POSPIELOV, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

T. P. ROMASHKO, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

A. O. TARANENKO, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

A. M. SHOSTIA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of «Veterinary Medicine»:

A. A. ANTIPOV, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. P. BERDNYK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. O. BOYKO, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

O. B. GREBEN, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

V. O. YEVSTAFIEVA, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

B. P. KYRYCHKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

L. M. KORCHAN, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. V. KRUCHYNENKO, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

T. A. KUZMINA, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

S. M. KULYNYCH, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. P. LOKES-KRUPKA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. V. MELNYCHUK, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. B. PRIJMA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of «Technical Sciences»:

O. V. HORYK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

I. A. DUDNIKOV, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
S. B. KOVALCHUK, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
O. M. KOSTENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)
V. M. SAKALO, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
V. O. SUKMANOV, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)
V. O. SHEICHENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

Members of Council:

A. BRZOZOWSKA, Dr. Econ. Sci. (Poland)
Z. DACKO-PIKIEWICZ, Dr. hab. (Poland)
O PEREKHOZHUK, Dr. Econ. Sci. (Germany)
V. M. SAMORODOV, Honored inventor of Ukraine (Ukraine)

The journal is recommended for publication by the decision of the Academic Council of Poltava State Agrarian Academy (Order No. 40 of 18.03.2020).

The title, conception, content, and design of the “Bulletin of Poltava State Agrarian Academy” are intellectual property of Poltava State Agrarian Academy and are protected by the Law of Ukraine “On Copyright and Related Rights.” Materials are published in original language. In case of reprinting, the reference to the “Bulletin of Poltava State Agrarian Academy” is compulsory.

«*Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*» is indexed in electronic libraries, catalogs, repositories and international scientometric databases: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ELIBRARY.RU, ELECTRONIC PORTAL VSENAUKI.RU, УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

The author is responsible for accuracy of translation, figures, geographic names, proper names, citations, bibliography and other information provided.

Publisher – Editorial and Publishing Department of Poltava State Agrarian Academy: 36003 1/3, Skovorody str., Poltava, building 4, office 510, e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

<i>Пилипченко А. В., Пісковий М. Б.</i> Особливості селекції нових сортів конопель посівних у ТОВ «Інститут органічного землеробства»	13
<i>Горобець М. В., Міщенко О. В.</i> Вплив бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого	25
<i>Харченко Ю. В., Харченко Л. Я., Куценко О. М., Ляшенко В. В.</i> Селекційна цінність сортового різноманіття кукурудзи колекції Устимівської дослідної станції рослинництва	33
<i>Коренчук Є. В., Дрозда В. Ф., Фокін А. В.</i> Репродуктивні та просторові характеристики популяцій хрущів (<i>Scarabaeidae, Melolonthinae</i>), важливі для оптимізації системи захисту сосни звичайної.....	44
<i>Ключевич М. М., Столяр С. Г., Гриценко О. Ю., Білоцерківська Л. В.</i> Формування шкідливої біоти в агроценозах жита озимого в Поліссі України	54
<i>Шокало Н. С., Бажан Б. О., Озаров А. С.</i> Формування насінневої продуктивності гороху залежно від норми висіву	61
<i>Василишина О. В.</i> Вплив обробки полісахаридними композиціями на антиоксидантні ферменти плодів вишні під час зберігання	67
<i>Ткач О. В.</i> Особливості росту і розвитку рослин цикорію коренеплідного до і після перезимівлі	74
<i>Дикун О. В., Жеребко В. М., Дикун М. О.</i> Вплив ґрунтових і післясходових гербіцидів на вміст пластидних пігментів та продуктивність фотосинтетичного потенціалу сої	81

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

<i>Мороз В. В., Никитюк Ю. А.</i> Вуглецепоглиняльна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся	90
<i>Жемела Г. П., Баган А. В., Бараболя О. В., Шакалій С. М., Чайка Т. О.</i> Екологізація випікання пшеничного хліба з використанням хмелевих заквасок і спіруліни	100

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

<i>Капшук Н. О.</i> Молочна продуктивність корів четвертої лактації залежно від віку в лактаціях корів-матерів	107
--	-----

<i>Шостя А. М., Павлова І. В., Чухліб Є. В., Кузьменко Л. М., Кодак Т. С.,</i>	
<i>Березницький В. І., Шаферівський Б. С.</i> Вплив гуматів на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у кнурів-плідників під час теплового стресу	114
<i>Усенко С. О., Сябро А. С., Поліщук А. А., Мороз О. Г., Бірта Г. О.,</i>	
<i>Ільченко М. О.</i> Новітні біотехнології відтворення свиней в умовах промислового свиначства	121
<i>Гиря В. М., Метлицька О. І., Усачова В. Є. МIRONENKO О. І., СЛИНЬКО В. Г.</i>	
Взаємозв'язок спермопродуктивності та статеві активності кнурів-плідників різних генотипів за генами <i>ACTN1</i> і <i>FSHβ</i>	130
<i>Войтенко С. Л., Желізняк І. М., Карунна Т. І., Шаферівський Б. С.</i> Найбільш вагомі фактори впливу на формування та реалізацію молочної продуктивності корів	
	140

ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

<i>Сорока Н. М.</i> Перебіг трихуридозу як паразитозу органів травлення овець	148
<i>Омельяненко О. Є.</i> Обґрунтування застосування дексметомідину у ветеринарній практиці у разі хірургічних втручань у дрібних домашніх тварин ...	
	154
<i>Євстаф'єва В. О., Личман А. С.</i> Особливості перебігу демодекозу у складі гельмінтозів травного каналу собак	
	161
<i>Мельничук В. В., Чубаров І. В.</i> Лікувальна ефективність антигельмінтних засобів за стронгілятозів травного каналу кіз	
	167
<i>Дубова О. А., Карпук В. В., Дубовий А. А.</i> Моніторинг та прогнозування динамічних змін системи гемостазу під час вагітності собак	
	173
<i>Рибачук Ж. В., Галатюк О. Є., Демчук Ю. С., Антонюк А. А., Солодка Л. О.</i> Зміна деяких діагностичних показників функціонального стану печінки у собак у разі використання ФПД «Імунобактерин-Д»	
	182
<i>Кулинич С. М., Омельченко Г. О., Авраменко Н. О., Зезекало М. А., Мостовий С. О.</i> Аналіз хірургічної патології в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві»	
	189
<i>Слободян С. О., Гутий Б. В.</i> Стан антиоксидантної системи організму щурів у умовах тривалого кадмієвого і свинцевого навантаження	
	196
<i>Бердник В. П., Бердник І. Ю., Ушкалов В. О.</i> Історія пошуку методів приготування селективних поживних середовищ для культивування мікоплазм	
	202
<i>Нагорна Л. В.</i> Епізоотична ситуація щодо гельмінтозів великої рогатої худоби в господарствах Сумської області	
	216
<i>Юськів І. Д., Мельничук В. В.</i> Спеціальні заходи протигельмінтозного комплексу за наявності ендопаразитозів у гусей (<i>Anser anser domesticus</i> & <i>Anser cygnoides domesticus</i> , Linnaeus, 1758)	
	222

<i>Голопура С. І., Цвіліховський М. І.</i> Вплив нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіл» на вміст окремих білкових фракцій сироватки крові у новонароджених телят	243
<i>Остап'юк А. Ю., Гутий Б. В.</i> Вплив кадмієвого навантаження на імунний статус організму курей-несучок	252
<i>Киричко Б. П., Худолій І. В., Звенігородська Т. В.</i> Лікування каріозно-пульпітних уражень зубів у собак	260

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

<i>Самойленко Т. В., Арендаренко В. М., Антонець А. В.</i> Кінематика руху зерна по спіральному пристрою зі змінним кутом спуску	267
<i>Ярошенко П. М., Арендаренко В. М.</i> Узагальнена математична модель руху комбінованого посівного машинно-тракторного агрегату	275

CONTENTS

AGRICULTURE. PLANT GROWING

<i>Pylypchenko A. V., Piskovyi M. B.</i> The peculiarities of breeding new cultivars of hemp for sowing at "The institute of organic farming", LLC	13
<i>Gorobets M. V., Mishchenko O. V.</i> Effects of bischophyte in ontogenesis of spring barley varieties	25
<i>Kharchenko Yu. V., Kharchenko L. Ya., Kutsenko O. M., Liashenko V. V.</i> Selection value of corn variety diversity of Ustymivka experimental plant growing station collection	33
<i>Korenychuk E. V., Drozda V. F., Fokin A. V.</i> Reproductive and spatial characteristics of may beetles' populations (<i>Scarabaeidae</i> , <i>Melolonthinae</i>) important for the optimization of common pine protection	44
<i>Kliuchevych M. M., Stoliar S. H., Hrytsenko O. Yu., Bilotserkivska L. V.</i> Formation of harmful biota in winter rye agrocenoses in the Ukrainian Polissia	54
<i>Shokalo N. S., Bazhan B. O., Ozarov A. S.</i> Formation of pea seed productivity depending on sowing rate	61
<i>Vasylyshyna O. V.</i> The influence of polysaccharide composition treatment on cherry fruits antioxidant enzymes under storage	67
<i>Tkach O. V.</i> Peculiarities of growth and development of common chicory plants before and after wintering	74
<i>Dykun O. V., Zhrebko V. M., Dykun M. O.</i> Influence of soil and post-emergence herbicides on the content of plastid pigments and productivity of soybean photosynthetic potential	81

AGRICULTURE. ECOLOGY

<i>Moroz V. V., Nykytiuk Y. A.</i> Carbon absorption ability of pine forest plantations in Chernihiv Polissia	90
<i>Zhemela Hr. P., BAHAN A. V., Barabolia O. V., Shakaliy S. M., Chaika T. O.</i> Ecological baking of wheat bread using hop sourdoughs and spirulina.....	100

AGRICULTURE. ANIMAL BREEDING

<i>Kapshuk N. O.</i> Milk productivity of the fourth lactation cows depending on lactation age of mother-cows	107
---	-----

<i>Shostya M. A., Pavlova I. V., Chukhlib Ye. V., Bereznytskyi V. I., Kuzmenko L. M., Shaferivskyi B. S., Kodak T. S.</i> The influence of humates on pro-oxidant-antioxidant homeostasis in breeding boars during heat stress	114
<i>Usenko S. O., Siabro A. S., Polishchuk A. A., Moroz O. G., Birta G. O., Ilchenko M. O.</i> The latest biotechnologies of pig reproduction in the conditions of industrial pig breeding	121
<i>Gyria V. M., Metlitska O. I., Usachova V. Ye., Myronenko O. I., Slynko V. G.</i> The relationship of sperm productivity and sex activity of different genotype breeding boars by <i>ACTN1</i> and <i>FSHβ</i> genes	130
<i>Voitenko S. L., Zelisnyk I. M., Karunna T. I., Shaferivskyi B. S.</i> The most significant factors of the impact on the formation and realization of cow milk productivity	140

VETERINARY MEDICINE

<i>Soroka N. M.</i> The course of trichuriasis as parasitosis of sheep digestive system	148
<i>Omelyanenko O. E.</i> The substantiation of dexmedetomidine using in veterinary practice for small pets' surgeries	154
<i>Yevstafieva V. O., Lychman A. S.</i> Peculiarities of demodecosis course in helminthoses associations of dogs' digestive tract	161
<i>Melnychuk V. V., Chubarov I. V.</i> Treatment effectiveness of antihelminthic preparations for goat digestive tract strongylatoses	167
<i>Dubova O. A., Karpuk V. V., Dubovyi A. A.</i> Monitoring and predicting the hemostatic system dynamic changes in case of dog females' pregnancy	173
<i>Rybachuk Zh. V., Galatyuk O. Ye., Demchuk Yu. S., Antonyuk A. A., Solodka L. O.</i> Changes in some diagnostic parameters of the functional state of the liver in dogs while using EPS "Immunobacterin-D"	182
<i>Kulynych S. M., Omelchenko G. O., Avramenko N. O., Zezekalo M. A., Mostovy S. O.</i> Analysis of surgical pathology in the horse club "Horse riding in Poltava"	189
<i>Slobodian S. O., Gutyj B. V.</i> The state of antioxidant system of rats' organism under continuous cadmium and lead load	196
<i>Berdnik V. P., Berdnik I. Yu., Ushkalov V. O.</i> The history of search ing methods of selective nutrient media preparation for mycoplasmas cultivation	202
<i>Nagorna L. V.</i> Epizootic situation as to cattle helminthiases on the farms of Sumy region	216
<i>Yuskiv I. D., Melnychuk V. V.</i> Special measures of anti-helminthoses complex in case of goose endo-parasitoses (<i>Anser anser domesticus</i> & <i>Anser cygnoides</i> <i>domesticus</i> , Linnaeus, 1758)	222

<i>Holopura S. I., Tsvilikhovsky M. I.</i> Influence of native liposomes and “Membranostabil” preparation on the content of some blood serum protein fractions in newborn calves	243
<i>Ostapyuk A. Y., Gutyj B. V.</i> The influence of cadmium load on the immune status of organism of laying hens	252
<i>Kyrychko B. P., Hudoliy I. V., Zvenihorodska T. V.</i> Treatment of dog caries-pulpit diseases ...	260

TECHNICAL SCIENCES

<i>Samoilenko T. V., Arendarenko V. M., Antonets A. V.</i> Kinematics of grain movement on a spiral device with variable angle of descent	267
<i>Yaroshenko P. M., Arendarenko V. M.</i> Generalized mathematical model of movement of a combined sowing machine-tractor unit	275



original article | UDC 633.522 : [631+631.81+631.86] | doi: 10.31210/visnyk2020.01.01

THE PECULIARITIES OF BREEDING NEW CULTIVARS OF HEMP FOR SOWING
AT “THE INSTITUTE OF ORGANIC FARMING”, LLCA. V. Pylypchenko
M. B. Piskovyi*ORCID  [0000-0003-4809-2584](https://orcid.org/0000-0003-4809-2584)
ORCID  [0000-0001-7514-7734](https://orcid.org/0000-0001-7514-7734)

“The Institute of Organic Farming”, LLC, 9, Kosmonavtiv str., Hlobyne, 39000, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: instytut.arnika@gmail.com

Today the group of “Arnika” companies located in Hlobyne, Poltava region is one of the largest enterprises of Ukraine and the world cultivating crops using organic farming technologies. It is clear that during the transition from traditional technology to organic production a number of problems arose. In order to solve them, it was necessary to apply the existing experience as well as new scientific researches. Hemp production is one of the branches of Ukraine’s agriculture, which mainly meets the requirements of organic farming. In this matter, the essential role is played by the biological properties of the crop and the demand for hemp products. The biological peculiarity of hemp is that it almost does not need chemical protection from pests and diseases and therefore the application of pesticides. Hemp is a crop, which under the condition of following the cultivation technology fights weeds itself. In Ukraine, hemp production has always been one of the priority branches of agriculture. It takes a prominent place not only in Europe but in the whole world as well. The scope of applying raw materials from hemp is significantly increasing. Besides the traditional use in light, construction, pulp-paper, automobile, aircraft construction, and chemical industries, hemp products began to be used in manufacturing medicines, perfumes, cosmetics, high-quality oils, supplements to various food products, etc. Particularly the latter cases of using hemp require the application of ecologically friendly products, which would have more demand, higher evaluation, and cost at the market. The creation of the plant cultivars and hybrids, which contribute to the increase of productivity and adaptability of artificial ecosystems, is on the list of the most relevant agro-technical measures of technologies’ biologization. The scientific research, conducted during 2014–2018 was devoted to this issue, and it is still being continued. In this article, we have tried to show our researches, achievements, and conclusions with the aim to breed new hemp cultivars for sowing appropriate for traditional cultivation technologies and what is most important adapted to organic farming technologies.

Keywords: cannabinoids, tetrahydrocannabinol (THC), cannabitol (CBN), cannabidiol (CBD), cannabigerol (CBG), cannabichromene (CBC), enzymes, precursors, breeding.

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ НОВИХ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ ПОСІВНИХ У ТОВ «ІНСТИТУТ
ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА»

А. В. Пилипченко, М. Б. Пісковий,

ТОВ «Інститут органічного землеробства» м. Глобине, Україна

Група компаній «Арніка» м. Глобине Полтавської області сьогодні є одним з найбільших підприємств України та світу, що вирощують сільськогосподарські культури за технологіями органічного землеробства. Зрозуміло, що при переході від класичних технологій до органічного виробництва ви-

никла низка проблем, для розв'язання яких довелося задіяти як наявний досвід, так і нові наукові дослідження. Однією з галузей сільського господарства в Україні, яка найбільше відповідає вимогам ведення біологічного землеробства, є коноплярство. В цьому питанні важливу роль відіграють біологічні властивості культури, попит на продукцію конопель. Біологічною особливістю культури конопель є те, що вони майже не потребують хімічного захисту від шкідників і хвороб, а відповідно й застосування пестицидів. Конопля – культура, яка за умови дотримання технології вирощування, сама бореться з бур'янами. В Україні коноплярство завжди було однією з пріоритетних галузей сільського господарства. Воно займає провідні позиції не лише в Європі, а й загалом у світі. Сфера застосування сировини з конопель суттєво розширюється. Окрім традиційного використання в легкій, будівельній, целюлозно-паперовій, автомобіле- й авіабудівній, хімічній промисловості, продукція конопель стала використовуватися для виготовлення лікарських, парфумерних, косметичних препаратів, високоякісної олії, добавок до багатьох харчових продуктів та інше. Саме останні варіанти використання конопель вимагають застосування екологічно чистої продукції, яка б на ринку мала більший попит, вищу оцінку і вартість. Створення сортів і гібридів рослин, які сприяють підвищенню продуктивності та адаптивності штучних екосистем, входить до переліку найактуальніших агротехнічних заходів біологізації технологій. Саме цій проблемі присвячені наукові дослідження, що проводились протягом 2014–2018 років і тривають дотепер. У цій статті ми спробували показати пошуки, досягнення й висновки, маючи на меті вивести нові сорти конопель посівних, що придатні для класичних технологій вирощування, а найважливіше – адаптовані для технологій органічного землеробства.

Ключові слова: каннабіноїди, тетрагідроканнабінол (ТГК), каннабінол (КБН), каннабідіол (КБД), каннабігерол (КБГ), каннабіхромен (КБХ), ферменти, прекурсори, селекція.

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ ПОСЕВНОЙ КОНОПЛИ В ТОВ «ИНСТИТУТ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»

А. В. Пилипченко, Н. Б. Писковой,

ООО «Институт органического земледелия», г. Глобино, Украина

Группа компаний «Арника» г. Глобино Полтавской области сегодня является одним из самых больших предприятий Украины и мира, которые выращивают сельскохозяйственные культуры по технологиям органического земледелия. Понятно, что при переходе от классических технологий к органическому производству возник ряд проблем, для решения которых пришлось задействовать как существующий опыт, так и новые научные исследования. Одной из отраслей сельского хозяйства в Украине, которая наиболее отвечает требованиям ведения биологического земледелия, является коноплеводство. В этом вопросе важнейшую роль играют биологические свойства культуры, спрос на продукцию коноплеводства. Биологической особенностью культуры конопли (*Cannabis sativa* L.) является то, что она практически не требует химической защиты от вредителей и болезней, а соответственно и применения пестицидов и гербицидов. Конопля – посевная культура, которая при соблюдении всех элементов технологии выращивания сама ведет борьбу с сорняками. В Украине коноплеводство всегда было одной из приоритетных отраслей сельского хозяйства. Она занимает ведущие позиции не только в Европе, а и в целом мире. Сфера применения сырья из конопли значительно расширилась. Кроме традиционного использования в легкой, строительной, целюлозно-бумажной, автомобиль- и авиационной, химической промышленности, продукция коноплеводства стала использоваться для изготовления лекарственных, парфюмерных, косметических препаратов, высококачественного масла, добавок к многим пищевым продуктам. Именно последние случаи использования конопли требуют применения экологически чистой продукции, которая бы на рынке имела большой спрос, высокое качество и стоимость. Создание новых сортов и гибридов растений, которые содействуют повышению продуктивности и адаптированности искусственных экосистем, входит в перечень наиболее актуальных агротехнических мероприятий биологизации технологий. Именно этой проблеме посвящены научные исследования, проводимые в 2014–2018 годах и продолжаются в настоящее время. В данной статье мы попытались показать наши поиски, достижения и выводы,

имея целью вывести новые сорта конопли посевной, которые приспособлены для классической технологии выращивания, а главное – адаптированы к технологиям органического земледелия.

Ключевые слова: каннабиноиды, тетрагидроканнабинол (ТГК), каннабинол (КБН), каннабидиол (КБД), каннабигерол (КБГ), каннабихрамен (КБХ), ферменты, прекурсоры, селекция.

Вступ

За визначенням ФАО, актуальність виробництва екологічно чистої продукції знаходиться на другому місці після ядерного роззброєння. Зараз світ переживає справжній бум на якісну органічну продукцію, незважаючи на те, що її ціна мінімум на 10–30 % вища, ніж на продукцію, вирощену традиційними способами з використанням мінеральних добрив [13].

Світовий ринок органічної продукції станом на 2015 рік перевищив 30 млрд і може досягти обігу у 200–250 млрд доларів США. Рівень продажу продукції органічного аграрного виробництва у світі щорічно зростає в середньому на 25 %.

Селекція, а саме створення сортів і гібридів рослин, які сприяють підвищенню продуктивності та адаптивності штучних екосистем, входить до переліку найактуальніших агротехнічних заходів біологізації технологій (екологічного землеробства) [2]. Ми не виявили позитивних прикладів використання біоконопель у світі. У науковому аспекті це питання абсолютно нове. Відсутні високопродуктивні сорти однодомних конопель без наркотичних властивостей і сорти конопель з лікарськими властивостями, адаптовані до умов органічного землеробства.

Рослини конопель містять унікальні, властиві лише їм хімічні сполуки, які називаються канабіноїдами. Канабіноїди – група терпенфенольних сполук, похідних 2-заміщеного 5-амілрезорцина. Рослини канабіноїди є С-21 сполуками, що мають споріднену структуру. Суцвіття й листя конопель містять понад 60 різних канабіноїдів. Серед них можна виділити такі канабіноїди, як тетрагидроканнабинол (ТГК), канабінол (КБН), каннабидиол (КБД), каннабигерол (КБГ), каннабихромен (КБХ). У рослині канабіноїди присутні, як правило, у вигляді їх кислотних аналогів, що містять карбоксильну групу в положенні 2-фенольної частини молекули. Попередником усіх рослинних канабіноїдів є каннабигеролова кислота, яка під впливом ферментів перетворюється на каннабихромову, каннабидіолову й дельта-9-тетрагидроканнабинолову кислоти. Ці кислоти в результаті декарбоксилювання дають вільні канабіноїди – каннабихромен, каннабидиол і дельта-9-тетрагидроканнабинол відповідно [1, 4].

ТГК, КБН, КБД, КБГ і КБХ мають широку фізіологічну дію на організм людини. Відповідальним за психотропний ефект є дельта-9-тетрагидроканнабинол (ТГК). Він на сьогодні найбільш вивчений і перший серед усіх канабіноїдів дозволений для використання в медицині [5–8, 10].

Широким спектром терапевтичних властивостей відрізняється КБД. Він не є психотропним канабіноїдом, досить широко вивчений і продовжує вивчатись у медичних цілях [15–20].

Каннабигерол конопель, який не відрізняється психоактивними властивостями, за даними енциклопедії гроувінг «Cannapedia», до цього часу залишається найменш відомим та недостатньо вивченим канабіноїдом [21].

Учені відкрили каннабигерол 1964 року, виділивши його з гашишу. 1975 року віднайшли кислотну форму КБГ – КБГК, яка виявилася першим канабіноїдом, який синтезується рослиною конопель. Пізніше КБГК під дією ферментів трансформується в ТГКК (кислотний прекурсор ТГК), КБДК (кислотний прекурсор КБД) або КБХК (прекурсор КБХ) [1, 4]. Отже, каннабигеролова кислота (КБГК) є первинним прекурсором для усіх відомих канабіноїдів.

На створення високопродуктивних, адаптованих до умов екологічного землеробства сортів однодомних конопель без наркотичних властивостей з підвищеним вмістом каннабидіолу і каннабигеролу була спрямована селекційна робота 2014–2018 років. Робота виконувалася відповідно до вимог Європейської асоціації досліджень у галузі селекції рослин (EUCARPIA), яка 2004 року створила робочу групу з селекції для органічного землеробства. Основними критеріями селекційних програм для біологічного землеробства (IFOAM) передбачено створення фертильних генетично різноманітних сортів, адаптованих до умов органічного землеробства. Можливість контролю методів селекції та зразків, які залучаються до селекційних програм екологічного землеробства.

Нашою селекційною програмою повністю виключається, як передбачено IFOAM, для створення і використання як вихідного матеріалу генетично модифікованих організмів, радіаційного мутагене-

зу, культури пильників і мікроспор, гібридів на основі ЦМС без генів відновлення фертильності та злиття протопластів.

Матеріали і методи досліджень

Основними методами в селекційній роботі у відділі є гібридизація, сімейно-груповий добір і попередня оцінка рослин на рівні гамет за найбільш важливими ознаками. Як вихідний матеріал використовуються сорти конопель, занесені до Реєстру сортів рослин України, Франції та інших країн, зразки генетичної колекції, сім'ї й лінії конопель, які відрізняються унікальними властивостями. Нещодавно польські дослідники проаналізували дванадцять сортів технічних конопель західноєвропейської і української селекції на вміст КБГ. Виявилось, що лише в одного сорту французької селекції Сантіка 27 (*Santhica 27*) вміст КБГ на рівні 1,69 % [3]. Сантіка 27 зареєстрований як один з перших французьких сортів з повною відсутністю ТГК.

Посів щорічно проводився в період 25–30 квітня. Попередник соя. Ґрунт вилужений чорнозем, шар 0–20 см якого характеризується такими показниками: рН – 6,7, вміст P2 O5 – 14,29, K2 O – 10,3 мг/кг. Посів проведено сівалкою «Моносанто» з нормою висіву на двобічне використання 1,2 на зеленець – 4,0 млн шт./га схожих насінин у чотирикратній і шестикратній повторності відповідно. Облікова площа ділянки на зеленець і двобічне використання 25 м².

Облік урожаю соломи проводили відповідно до методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур [22]. Облік урожайності насіння, соломи, волокна проводили методом пробоного снопа. Одержані результати досліджень опрацьовані методами математичної статистики [9].

Результати досліджень та їх обговорення

Напрями селекційної роботи та селекційні розсадники конопель.

1. Селекційний розсадник сорту Глоба з підвищеним вмістом канабідіолу (КБД). (Селекційний номер – 3-15). Напрямок селекції – збільшення вмісту в рослинах конопель канабідіолу та канабігеролу (КБГ).

Під груповим ізолятором, який є металевим каркасом, покритим щільною агротканиною (рис. 1), висівалось вісім селекційних номерів з вмістом КБД від 1,019 до 1,535 %, КБГ – від 0,0227 до 0,695 %. Вміст тетрагідроканабінолу (ТГК) не перевищував 0,047 %. Відбір рослин конопель було проведено в умовах середнього за продуктивністю середовища, де зберігається мінливість генотипів по нормі реакції на умови вирощування й максимальна ефективність добору на загальну адаптивну спроможність, що є особливо важливим у селекції сортів рослин для органічного землеробства.



Рис. 1. Зовнішній вигляд групового ізолятора для селекційних розсадників конопель

Посів рослин в ізольованому розсаднику широкорядний під маркер, з площею живлення рослин 45 x 5 см. Протягом вегетації в розсаднику здійснювався догляд за рослинами (формування рівномірної густоти, видалення бур'янів, рихлення міжрядь), фенологічні спостереження. Розпочинаючи з фази бутонізації, в декілька етапів проводився аналіз на виявлення позитивної реакції рослин на каннабіноїди. За роки досліджень у другій половині червня в розсаднику було проаналізовано в середньому 3700 рослин, з них близько 930 рослин з відсутньою реакцією на каннабіноїди видалили з посіву. Перед початком цвітіння рослини, які залишились у розсаднику, було проаналізовано на вміст

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

канабіноїдів методом тонкошарової хроматографії в Черкаському НДЕКЦ МВС України. Виділили 29 найбільш перспективних за вмістом КБД і КБГ рослин, які помістили під окремі ізолятори.

У таблиці 1 представлено результати кількісного аналізу на вміст канабіноїдів рослин двох сімей – ділянка 1 і 2 сорту Глоба, які було залишено після оцінки методом тонкошарової хроматографії

1. Характеристика окремих рослин сорту Глоба за вмістом КБГ, КБД і ТГК, 2014–2018 рр.

№ ділянки (сім'ї)	№ рослини	Кількісний вміст, %		
		КБГ	КБД	ТГК
1	56	0,07	1,19	0,03
	62	0,11	2,22	0,08
	191	0,99	1,64	0,06
	70	0,04	1,79	0,05
	72	0,21	2,76	0,12
	57	0,07	2,66	0,12
Середнє		0,24	2,04	0,07
2	2200	0,00	0,97	0,03
	2168	0,00	0,00	0,00
	2089	0,04	0,02	0,00
	2055	0,02	0,71	0,03
	1155	0,63	Знач.	0,00
	1073	0,66	0,03	0,00
	1018	0,18	0,00	0,00
Середнє		0,22	0,29	0,01

Аналіз таблиці свідчить, що середні показники вмісту КБД і ТГК у рослинах конопель однієї ділянки суттєво відрізняються від іншої. Значні відмінності за цими показниками і в межах кожної з сімей. Відмічаємо, що чим більше в рослинах конопель КБД, тим більше і ТГК. Середній вміст КБГ у сім'ях приблизно однаковий. Велике варіювання показників вмісту КБД у рослинах у межах однієї сім'ї й між сім'ями свідчать про перспективність селекції в напрямі збільшення КБД у рослинах конопель сорту Глоба.

У розсаднику сорту Глоба до зацвітання провели аналіз близько двох сотень рослин конопель на кількісний вміст канабігеролу (КБГ), канабідіолу (КБД) і тетрагідроканабінолу (ТГК). Величина варіації показника вмісту КБГ у зразках конопель у розсаднику становить 20,2, КБД – 22,3 і ТГК – 12,3 %. Найбільш варіабельною ознакою виявився вміст КБД, менш варіабельною – вміст ТГК. Мінливість зразків за вмістом КБГ, КБД і ТГК та досить високе варіювання цих ознак у межах зразків вказує на можливість їх зміни у процесі селекційного добору.

Проаналізувавши взаємозв'язок між вмістом КБГ, КБД і ТГК у зразках конопель в межах розсадника, встановили, що коефіцієнт кореляції між вмістом у рослинах конопель КБД і ТГК становить $0,69 \pm 0,05$, що свідчить про більш ніж середній взаємозв'язок між ознаками. Коефіцієнт кореляції суттєвий на 1 і 5 % рівні: $t_f = 9,95$, $t_{табл} = 1,96$.

Коефіцієнт кореляції між вмістом у рослинах конопель КБГ і КБД перебуває на рівні $0,16 \pm 0,09$, що вказує на дуже слабкий взаємозв'язок між ознаками. Коефіцієнт кореляції суттєвий на 10 % рівні: $t_f = 1,68$, $t_{табл} = 1,64$.

Коефіцієнт кореляції між вмістом у рослинах конопель КБГ і ТГК $0,074$ вказує на відсутність взаємозв'язку між ознаками.

Вищенаведений аналіз свідчить про те, що селекція в напрямі створення сорту конопель з підвищеним вмістом канабідіолу, буде супроводжуватися підвищенням у рослинах вмісту тетрагідроканабінолу. Зв'язок між КБД і ТГК не тісний прямий, тому успіхи в селекції можливі тим більше, що в сортах конопель для їх вирощування в Україні допускається кількість ТГК не більше 0,15 %, а для зняття охорони – 0,08 % ТГК.

У фазу біологічного дозрівання рослин сорту Глоба були відібрані верхівки суцвіть рослин цілого ряду сімей для аналізу на кількісний вміст у них канабіноїдних сполук. Результати аналізу, проведеного Черкаським НДЕКЦ МВС України, представлено в таблиці 2.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

2. Характеристика сімей селекційного розсадника конопель сорту Глоба за вмістом канабіноїдних сполук, 2014–2018 рр.

№ сім'ї	Вміст канабіноїдних сполук, %		
	КБД	ТГК	КБГ
1	2,18±0,12	0,09±0,001	0,22±0,01
2	0,71±0,03	0,02±0,001	1,06±0,09
3	1,53±0,05	0,07±0,003	0,01±0,001
4	0,17±0,01	0,004±0,0006	0,51±0,03
5	1,52±0,09	0,07±0,006	0,02±0,001
6	1,66±0,10	0,08±0,006	0,01±0,001
141	0,57±0,03	0,02±0,001	0,50±0,02
Середнє	1,19	0,05	0,33

З таблиці 2 видно, що за вмістом канабідіолу, тетрагідроканабінолу і канабігеролу суттєво відрізняються між собою не лише окремі рослини, а й цілі сім'ї селекційного розсадника сорту Глоба. Так, сім'я № 4 від сім'ї № 1 відрізняється більше ніж у 10 разів меншим вмістом КБД. Проте остання майже у 3 рази містить менше КБГ. Сім'ї № 3, 5 і 6 мають високий вміст КБД і водночас характеризуються низьким вмістом ТГК – не більше 0,08 %. Сім'ї № 2 і 141 характеризуються підвищеним вмістом КБД та КБГ і низьким – ТГК.

Висока мінливість сімей за вмістом канабіноїдних сполук дає можливість ведення селекції конопель на підвищення вмісту каннабідіолу і каннабігеролу та зниження вмісту тетрагідроканнабінолу шляхом добору не лише окремих рослин, а також і сімей. Посімейний добір у напрямі збереження сортових ознак повинен бути ефективним і в первинному насінництві сортів з підвищеним вмістом КБД.

У плані вдосконалення методики відбору зразків конопель для визначення вмісту каннабіноїдних сполук був проаналізований вміст КБД, ТГК і КБГ у верхній і нижній частинах суцвіть селекційного матеріалу сорту Глоба. В таблиці 4 наведено результати такого аналізу.

3. Вміст каннабіноїдів у верхній і нижній частинах суцвіть рослин розсадника конопель сорту Глоба, 2014–2018 рр.

№ сім'ї	№ рослини	Вміст канабіноїдних сполук, %					
		КБД		ТГК		КБГ	
		вс*	нс*	вс*	нс*	вс*	нс*
4	2427	0,18	0,03	0	0	0,41	0,4
	2426	0	0	0	0	0,03	0,05
	2425	0,19	0	0	0	0,76	0,27
Середнє		0,12	0,01	0	0	0,4	0,24
5	2494	1,09	0,15	0	0	0,09	0
	2495	2,36	0,25	0,11	0	0	0
	2491	1,4	0,16	0,07	0	0	0
Середнє		1,61	0,19	0,06	0	0,03	0

Примітки: * вс – верхня частина суцвіття; нс – нижня частина суцвіття.

Дані таблиці свідчать про те, що у верхній частині суцвіття каннабіноїдів, як правило, більше, ніж у нижній. Особливо це стосується рослин з наявністю цих сполук. Аналіз рослини 2426 сім'ї № 4 з практично повною відсутністю канабіноїдів свідчить про те, що КБД, ТГК і КБГ немає як у верхній, так і в нижній частині суцвіття.

Для подальшої селекційної роботи за такими ознаками як: висота рослин, тривалість вегетаційного періоду, висока ступінь запліднення насіння, форма суцвіття, відібрано щорічно близько 850 типів для сорту Глоба однодомних рослин.

2. Селекційний розсадник сорту Глоба з повною відсутністю тетрагідроканабінолу (ТГК). Напрямок селекції – збільшення волокнистої продукції при вирощуванні за органічними технологіями.

У розсаднику у відкритий ґрунт було посіяно потомство 35 високопродуктивних рослин з високим вмістом волокна з повною відсутністю тетрагідроканнабінолу за системою органічного землеробства.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

4. Характеристика висіяних рослин у розсаднику сорту Глоба з повною відсутністю ТГК за основними селекційними ознаками

№ рослини	Довжина, см		Маса, г		Вихід волокна, %
	загальна	технічна	стебла	насіння	
225	305	235	90,0	8,9	40,0
228	320	220	115,0	19,3	35,7
233	205	140	40,0	10,6	32,9
254	320	250	70,0	7,0	30,0
320	308	210	100,0	20,3	35,0
322	330	220	120,0	18,0	33,3
326	355	265	135,0	13,0	33,3
333	325	200	125,0	16,7	36,0
334	315	235	130,0	14,7	30,8
362	312	200	97,0	7,9	28,9
405	300	225	75,0	15,3	33,3
420	330	235	85,0	12,0	35,3
424	350	265	130,0	13,4	23,1
452	360	300	135,0	13,7	33,3
480	305	215	95,0	12,4	31,6
482	320	230	95,0	17,2	31,6
488	322	235	90,0	11,6	33,3
494	320	255	115,0	16,5	34,8
503	200	140	25,0	6,2	40,0
523	320	235	135,0	17,1	29,6
529	305	255	85,0	17,4	35,3
535	335	265	150,0	13,8	36,7
537	325	245	105,0	9,0	38,1
564	355	290	105,0	10,2	32,6
543	310	205	110,0	13,1	30,2
539	348	275	140,0	9,4	39,3
565	300	240	80,0	10,7	26,3
566	310	205	70,0	14,0	33,4
567	310	215	90,0	20,8	30,8
573	330	235	100,0	18,5	29,6
576	300	200	105,0	10,3	33,5
597	340	240	145,0	22,4	34,7
578	275	200	70,0	11,8	33,7
599	300	220	75,0	12,5	32,7
591	320	260	90,0	13,0	38,9
Середнє	313,9	230,3	100,6	13,68	33,36

У розсаднику сорту до зацвітання проаналізовано понад 5600 рослин на вміст каннабіноїдів. З позитивною реакцією на каннабіноїди з посіву були видалені в середньому 1375 рослин. У період дозрівання для подальшої селекційної роботи відібрано 500–530 елітних рослин.

3. Селекційний розсадник сорту ЛАРА. Напрямок селекції – пізньостиглість і збільшення продуктивності з повною відсутністю наркотичних властивостей.

Під груповим ізолятором висівалось 22 селекційних номери з середнім вмістом волокна 34,5 %, масою рослин 83,2 г, насіння – 5,0 г, вмістом олії 31,44 %, білка – 27,01 %. Характеристика висіяних рослин представлена в таблиці 5.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

5. Характеристика висіяних рослин у розсаднику сорту Лара за основними селекційними ознаками

№ сім'ї	№ рослини	Довжина, см		Маса, г		Вихід волокна, %	Вміст, %	
		загальна	технічна	стебла	насіння		олії	білка
14	106	267	210	43,8	1,6	30,1	32,90	25,87
11	38	322	245	650	7,3	38,4	31,77	27,54
13	129	262	204	64,4	2,8	35,0	30,54	30,22
13	124	265	200	61,5	3,3	34,0	30,35	29,07
13	61	286	225	73,3	2,5	30,0	30,98	27,44
11	84	64	215	82,7	1,8	32,6	25,37	28,43
11	283	274	220	75,0	4,3	34,2	32,01	27,19
10	90	265	200	70,6	5,1	33,5	36,35	28,45
10	88	294	240	108,0	4,8	35,4	32,26	30,21
10	85	208	210	80,0	10,0	32,0	32,44	29,70
10	86	308	245	96,7	4,6	33,2	33,80	28,12
14	116	288	240	95,6	4,7	36,7	32,49	26,84
16	112	246	200	76,7	6,4	34,7	31,54	25,48
16	118	285	210	97,5	13,0	31,8	32,48	27,21
11	155	252	200	100,0	3,2	34,0	34,45	26,91
21	78	246	200	66,7	4,6	31,5	25,09	26,43
21	77	255	190	99,1	6,9	32,0	25,30	25,15
20	76	299	244	146,2	6,7	34,6	32,04	24,59
20	36	306	230	140,0	5,4	35,0	27,39	26,70
17	34	257	180	97,5	4,9	32,7	33,51	26,11
17	32	279	210	88,5	6,9	33,0	29,22	24,84
17	30	293	200	106,3	4,1	32,8	29,04	25,27
Середнє		273,6	214,0	83,2	5,0	34,5	31,44	27,01

4. Селекційний розсадник сорту Сула. Напрямок селекції – ранньостиглість і збільшення насінневої продуктивності з повною відсутністю наркотичних властивостей, що вирощені за органічною технологією.

У селекційному розсаднику Сула щороку висівалось 32 кращі селекційні номери з середньою висотою рослин 295 см, масою стебел 89,4 г, масою насіння 18,8 г і вмістом волокна 34,4 %.

Сорт відрізняється високою стабільністю за ознакою однодомності. У цьому значна роль належить методу створення вихідного матеріалу.

З метою підвищення ефективності стабілізації ознаки однодомності конопель 2014 року було проведено схрещування сортів однодомних конопель ЮСО-31 і Золотоніські 28. Для стерилізації чоловічих квіток у материнському сорті ЮСО-31 було використано гаметоцид етрел.

Традиційним способом отримання вихідного гібридного матеріалу в селекції однодомних сортів конопель завжди було використання матірки дводомних конопель як материнської форми, а батьківської – рослин однодомних конопель. Застосування етрелу дало можливість здійснювати гібридизацію сортів однодомних конопель з однодомними. Цей метод дає змогу прискорити створення нового селекційного матеріалу зі стабільною ознакою однодомності, заданими параметрами продуктивності і відсутністю наркотично активних речовин.

Багаторічні спостереження за селекційним матеріалом розсаднику свідчать, що після застосування гаметоциду вже у другому поколінні гібриду ЮСО-31 х Золотоніські 28, коли відбувається розщеплення рослин за всіма ознаками, зокрема і статтю, рослини однодомної матірки становили більшість стеблостою, їх кількість складала 83,3 %, а всього чисельність однодомних рослин становила 96,4 %. Рослини фемінізованої та звичайної плосконі склали відповідно 3,3 і 0,2 %. У наступних поколіннях гібриду, який 2015 року отримав назву Сула, найбільш продуктивний статевий тип – однодомна матірка становить від 83,3 до 97,9 % (табл. 6).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

6. Співвідношення статевих типів сорту Сула в селекційному розсаднику, 2014–2018 рр.

Статеві типи	Вміст в %, роки				
	2012	2013	2014	2015	2016
Однодомна фемінізована плоскінь	13,2	7,6	15,0	2,2	2,1
Однодомна матірка	83,3	92,2	84,3	97,0	97,7
Всього однодомних рослин	96,5	99,8	99,3	99,2	99,8
Фемінізована плоскінь	3,3	0,2	0,7	0,8	0,2
Домішки: звичайна матірка	0	0	0	0	0
звичайна плоскінь	0,2	0	0	0	0

З таблиці видно, що стеблостій сорту Сула добре відпрацьований за статевими типами. Він майже повністю складається з однодомних рослин. При цьому такі статеві типи, як звичайна плоскінь і звичайна матірка, які вважаються статевими типами домішками сортів однодомних конопель, останніми роками повністю відсутні.

Перед цвітінням у розсаднику сорту у звітному році на вміст канабіноїдів експрес методом було проаналізовано понад 2300 рослин. Кількість рослин, які дали незначну позитивну реакцію на їх вміст склала 3,2 %. Усі вони були своєчасно видалені з розсадника.

В період біологічного дозрівання конопель у розсаднику відібрано 296 селекційних рослин.

Селекційне сортовипробування.

На завершальному етапі селекції в селекційному сортовипробуванні було посіяно 3 нових сорторазки конопель: Лара, Глоба і Сула. Випробування проводилося з метою порівняння з ранньостиглим сортом Гляна і середньостиглим Золотоніські 15. Посів проведено в період 25–30 квітня. Попередник соя. Ґрунт вилужений чорнозем, шар 0–20 см якого характеризується такими показниками: рН – 6,7, вміст P2 O5 – 14,29, K2 O – 10,3 мг/кг. Посів проведено сівалкою «Моносанто» з нормою висіву на двобічне використання 1,2 на зеленець – 4,0 млн шт./га схожих насінин у чотирикратній і шестикратній повторності відповідно. Облікова площа ділянки на зеленець і двобічне використання 25 м².

Технологія вирощування конопель у сортовипробуванні типова для культури. Протягом вегетації в сортовипробуванні проводили фенологічні спостереження за сортами, заміри висоти, облік статевих типів та урожайності основних видів продукції – стебел, насіння і волокна. Статевий склад сортів конопель селекційного сортовипробування звітнього року наведено в таблиці 7.

7. Співвідношення статевих типів конопель у селекційному сортовипробуванні, 2017–2018 рр.

Назва сорт	Співвідношення статевих типів, %				
	звичайна матірка	однодомна матірка	однодомна фем.плоскінь	фемінізована плоскінь	звичайна плоскінь
Гляна – ст.	0	79,8	17,7	1,6	0,9
Золотоніські 15 – ст.	0	89,5	9,3	1,2	0
Лара	0	92,5	7,3	0,2	0
Глоба	0	93,0	7,0	0	0
Глоба Р	0	94,8	5,0	0,2	0

Порівнюючи статевий склад стеблостою нових сорторазків з сортами стандартами, відмічаємо, що Лара, Глоба і Сула – типові сорти однодомних конопель, які за основним статевим типом однодомною матіркою дещо кращі стандартів Гляна і Золотоніські 15. У їх стеблостої менший вміст домішок – однодомної фемінізованої плосконі, фемінізованої плосконі та звичайної плосконі.

З таблиць 8, 9 видно, що сорторазки Лара і Глоба в сортовипробуванні на зеленець за висотою рослин у період збирання та показниками урожайності стебел і волокна перевищують сорти стандарти Гляна і Золотоніські 15. Водночас вони дещо пізньостигліші стандартів. Тривалість періоду до технічної стиглості в Лари більша на 12 діб порівняно з середньостиглим сортом Золотоніські 15, а у Глоба – на 3 доби.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

8. Основні показники продуктивності сортів конопель у селекційному сортовипробуванні на двобічне використання

Назва сорту	Висота рослин у період біологічної стиглості, см			Урожайність, т/га						Тривалість до біологічної стиглості, діб		
				насіння			стебел					
	2017	2018	<i>Серед.</i>	2017 7	2018 8	<i>Серед.</i>	2017 7	2018 8	<i>Серед.</i>	2017	2018	<i>Серед.</i>
Гляна – ст.	233,6	263,0	248,3	0,61	0,74	0,68	3,7	4,6	4,15	123	129	126
Золот15 – ст.	270,5	270,0	270,2	0,48	0,58	0,53	4,9	5,3	5,10	130	136	133
Лара	296,8	300,0	298,4	0,52	0,63	0,56	8,6	8,9	8,75	139	145	142
Глоба	297,0	276,0	286,5	0,47	0,57	0,52	6,2	7,1	6,65	134	140	137
Сула	258,7	265,0	261,8	0,63	0,79	0,71	4,2	4,8	4,5	126	131	128
НІР0,05				0,06	0,05		1,1	0,7				

9. Основні показники продуктивності сортів конопель у селекційному сортовипробуванні на зеленець

Назва сорт	Висота рослин у період збирання на зеленець, см			Урожайність, т/га						Тривалість вегетації до технік. стиглості, діб		
				стебел			волокна					
	2017	2018	Серед.	2017	2018	Серед.	2017	2018	Серед.	2017	2018	Серед.
Гляна – ст..	220,4	233,6	228,2	5,8	5,32	5,56	1,92	1,52	1,72	96	99	98
Золот15 – ст.	243,1	247,0	244,0	6,9	8,48	7,69	2,06	2,60	2,33	100	103	102
Лара	290,0	295,0	288,0	11,6	11,26	11,43	3,67	3,88	3,78	119	119	119
Глоба	290,3	260,0	275,2	8,9	10,86	9,88	2,81	3,55	3,18	106	104	105
Сула	232,6	242,0	237,3	6,7	6,38	6,54	2,14	2,26	2,20	102	98	100
НІР0,05				0,9	0,72							

Нові сортозразки Лара і Глоба мають кращі показники порівняно зі стандартами за висотою рослин, урожайністю стебел. За урожайністю насіння вони поступають сорту Гляна. Сорт Лара кращий за цим показником стандарту Золотоніські 15. Глоба має однакову урожайність з середньостиглим стандартом. Тривалість вегетаційного періоду в сорту Лара 139–145 діб, у Глоба – 134–140 діб. Тим самим сорт Лара можна віднести до групи пізньостиглих, а Глоба – середньостиглих.

Опис сортів Глоба, Лара і Сула.

Сорт Глоба створений шляхом сімейно-групового відбору із сортопопуляції Золотоніські 15 рослин на збільшення вмісту канабідіолу та продуктивності, підвищення сортової типовості, збереження вмісту тетрагідроканабінолу нижче 0,08 %.

Середньостиглий, рослини за природною висотою від середніх до високих. Показники урожайності насіння, соломи і волокна та статевого складу представлено в результатах селекційного сортовипробування (табл. 8 та 9).

Придатний для використання на насіння, для отримання високого врожаю соломи й волокна. Суцвіття сорту придатні для використання в медицині й фармакології як рослинний матеріал з підвищеним вмістом канабідіолу.

Сорт Лара створений з використанням методу сімейно-групового відбору рослин південного типу з підвищеною продуктивністю стебел і вмістом волокна, якістю олії в насінні, відсутністю тетрагідроканабінолу з сортопопуляції конопель Зоряна.

Пізньостиглий, рослини за природною висотою високі. Показники урожайності соломи, волокна й насіння та статевого складу представлено в даних селекційного сортовипробування (табл. 8 та 9).

Придатний для посіву на зеленець для отримання соломи і волокна, на двобічне використання – для отримання насіння й волокна.

Сорт Сула створений шляхом добору на скорочення періоду вегетації, підвищення продуктивності насіння, стабілізацією ознаки однодомності на рівні європейських вимог. Вміст ТГК відсутній або дуже низький. Сорт формує урожай соломи до 16,5 т/га, волокна 3,7 т/га, зокрема довгого 2,8 т/га та 1,1–1,2 т/га насіння, масою 20–21 грамів 1000 насінин.

Придатний для посіву на зеленець для отримання соломи й волокна, на двобічне використання – для отримання насіння й волокна.

Висновки

1. Робота проводилася відповідно до вимог Європейської асоціації досліджень у галузі селекції рослин для органічного землеробства за чотирма напрямками, а саме: створення високопродуктивних сортів однодомних конопель без наркотичних властивостей, адаптованих до умов органічного землеробства Полтавської й Черкаської областей ранньо-, середньо- і пізньостиглих, з тривалістю вегетаційного періоду відповідно не більше 130, 135 і 145 діб, урожайністю стебел не нижче – 7–11 т/га, насіння – 0,7–0,9 т/га, відповідно, з підвищеним вмістом канабідіолу й канабігеролу.

2. Вивчення взаємозв'язку між окремими видами канабіноїдів у селекційному розсаднику Глоба вказує на наявність понад середній взаємозв'язок між ознаками вмісту в рослинах конопель КБД і ТГК, слабкий зв'язок між КБД і КБГ і його відсутність між КБГ і ТГК. Селекція конопель у напрямі збільшення в рослинах КБД можуть супроводжуватись збільшенням вмісту ТГК, а селекції на збільшення КБГ таке явище не загрожує.

Попередній аналіз вказує на прямолінійну взаємозалежність між КБД, ТГК у конопель сорту Глоба. Напрямок і характер такої взаємодії значною мірою залежить від самих канабіноїдних сполук. Між ознаками вмісту ТГК і КБД велика пряма взаємодія, між КБГ і ТГК та КБГ і КБД взаємодія слаба зворотна.

3. Селекція конопель на підвищення вмісту канабідіолу й канабігеролу та зниження вмісту тетрагідроканабінолу ефективна шляхом добору не лише окремих рослин, а також і сімей. Посімейний добір – шлях збереження сортових ознак у первинному насінництві сортів конопель з підвищеним вмістом КБД.

4. У верхній частині суцвіття рослин конопель з наявністю канабіноїдних сполук, як правило, КБД, ТГК і КБГ більше, ніж у нижній частині.

5. Загалом за два роки в селекційному сортовипробуванні сорт стандарт Золотоніські 15 за урожайністю стебел і волокна перевищив сортозразки Лара і Глоба.

6. Результатом проведеної роботи є реєстрація сортів конопель Глоба, Лара і Сула та занесення їх до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Перспективи подальших досліджень. Селекційні дослідження будуть продовжені з метою виведення нових сортів конопель посівних, що адаптовані до технологій органічного землеробства та мають високі господарські цінності.

References

1. Nikolskii, B. N. (1971). *Osnovnie svoistva neorganicheskikh i organicheskikh soedinenii. Spravochnik himika: 3-e izd.* Moskva; "Himiya" [In Russian].
2. Garmashov, V. V., & Fomichova, O. V. (2010). Do pytannya organichnogo silskogospodarskogo vyrobnytstva v Ukraini. *Visnyk Agrarnoi Nayky*, 7, 11–16 [In Ukrainian].
3. Grabovski, L. (2017). Vmist canabigerolu v sortah konopel zahidnoevropeiskoi i ukrainskoi selekcii: *Dopovid na mizhnarodnii konferencii «Cannabis»*. Varshava [In Ukrainian].
4. Lazurevskii, G. V. & Nikolaeva, L. A. (1972). *Cannabinoidy (narkoticheskii veshstva konopli)*. Tipografiya izdatelstva Shtinica, Kishinev [In Russian].
5. Fulton, C. C. (1942). A chemical development of Cannabis sativa L. *Industrial and Chemistry Analytical Edition*, (14), 404–406.
6. Fetterman, P. S., & Turner, C. E. (1972). Constituents of Cannabis sativa L. I: Propyl Homologs of Cannabinoids from an Indian Variant. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 61 (9), 1476–1477. doi: 10.1002/jps.2600610930.
7. Lanyon, V. S., Turner, J. C., & Mahlberg, P. G. (1981). Quantitative Analysis of Cannabinoids in the

- Secretory Product from Capitate-Stalked Glands of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae). *Botanical Gazette*, 142 (3), 316–319. doi: 10.1086/337229.
8. Dajani, E. Z., Larsen, K. R., Taylor, J., Dajani, N. E., Shahwan, T. G., Neeleman, S. D., Taylor, M. S., Dayton, M. T. & Mir, G. N. (1999). 1', 1'-Dimethylheptyl- Δ -8-tetrahydrocannabinol-11-oic acid: a novel, orally effective cannabinoid with analgesic and anti-inflammatory properties. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 291 (1), 31–38.
9. Dospehov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). Moskva: Agropromizdat [In Russian].
10. Morgan, D. R. (1997). *Therapeutic uses of Cannabis*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
11. Nazarenko, K. S. & Marinich, P. E. (Eds.). (1972). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskohozyajstvennykh kultur: Maslichnye, efirnomaslichnye i tehnicheckie kultury, shelkovica, tutovyy shelkopryad*. (Vypusk 3). Moskva: Kolos [In Russian].
12. Standartna operaciina procedura SOP.DSE.19/124/2-5.4-4.02 «Yakisne ta kilkisne doslidzhennya narkotychnykh zasobiv, psyhotropnykh rehovyn ih analogiv ta prekursoriv metodom gazovoi hromato-maspektometrii» VDMRV Cherkaskogo NDEKC MVS Ukraini [In Ukrainian].
13. Shedei, L. A., & Gvoszdik, V. B. (2010). Effektivnost organicheskoi systemy zemledeliya v sovremennykh usloviyakh agroproduktstva. *Agrohiya i Gruntoznavstvo. Specialnii vypusk*, (3), 296–2979 [In Ukrainian].
14. Shkurdoda, S. V., Pasichnyk, V. V., Orlov, M. M. & Piskoviy, M. B. (2015). Seleksiia konopel dlia stvorennia sortiv z Pidvyshchenym vmistom kanabidiolu. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: Seriia «Roslynnytstvo, Seleksiia i Nasynnytstvo, Plodoovochivnytstvo i Zberihannia»*, (2) 210–220 [In Ukrainian].
15. Ferenczy, L., Gracza, L., & Jakobey, I. (1958). An antibacterial preparatum from hemp (*Cannabis sativa* L.). *Die Naturwissenschaften*, 45 (8), 188–188. doi: 10.1007/bf00621336.
16. Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*, 2 (4), 35–53. doi: 10.1300/j133v02n04_04.
17. Formukong, E. A., Evans, A. T., & Evans, F. J. (1988). Analgesic and anti-inflammatory activity of constituents of *Cannabis sativa* L. *Inflammation*, 12 (4), 361–371.
18. Zuardi, A. W., Crippa, J. A. S., Hallak, J. E. C., Moreira, F. A., & Guimarães, F. S. (2006). Cannabidiol, a *Cannabis sativa* constituent, as an antipsychotic drug. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 39 (4), 421–429. doi: 10.1590/s0100-879x2006000400001.
19. Campos, A. C., Moreira, F. A., Gomes, F. V., Del Bel, E. A., & Guimarães, F. S. (2012). Multiple mechanisms involved in the large-spectrum therapeutic potential of cannabidiol in psychiatric disorders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367 (1607), 3364–3378. doi: 10.1098/rstb.2011.0389.
20. Leweke, F. M., Piomelli, D., Pahlisch, F., Muhl, D., Gerth, C. W., Hoyer, C., Klosterkötter, J., Hellmich, M., & Koethe, D. (2012). Cannabidiol enhances anandamide signaling and alleviates psychotic symptoms of schizophrenia. *Translational Psychiatry*, 2 (3), e94–e94. doi: 10.1038/tp.2012.15.
21. Cannapedia. Retrived from: <https://olkpeace.org/cannapedia/Kannabinoidy/KBG.html>.
22. Nazarenko, K. S. & Marinich, P. E. (Eds.). (1972). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskohozyajstvennykh kultur: Maslichnye, efirnomaslichnye i tehnicheckie kultury, shelkovica, tutovyyshelkopryad*. (Vypusk 3). Moskva: Kolos [In Russian].

Стаття надійшла до редакції 24.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Пилипенко А. В., Пісковий М. Б. Особливості селекції нових сортів конопель посівних у ТОВ «Інститут органічного землеробства». *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 13–24.

© Пилипенко Андрій Васильович, Пісковий Микола Борисович, 2020



original article | UDC 633.16:631.53.01–021.4:631.82
| doi: 10.31210/visnyk2020.01.02

EFFECTS OF BISCHOPHYTE IN ONTOGENESIS OF SPRING BARLEY VARIETIES

M. V. Gorobets*

ORCID  [0000-0003-1287-7857](https://orcid.org/0000-0003-1287-7857)

O. V. Mishchenko

ORCID  [0000-0002-9547-0421](https://orcid.org/0000-0002-9547-0421)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: gorobetsmaks995@gmail.com

Spring barley is an important food, feed and industrial crop, the cultivation scale of which is much smaller than the current national need for it. Prolonged field experiments and the practice of growing crops have shown that the pre-treatment of their seeds (primarily the sown areas) by bischofite has a positive effect on their further growth and development. The article presents the results of studying the influence of electrochemical treatment with bischofite solutions in order to obtain solutions with a complex of antibacterial properties, the use of which can be recommended for pre-sowing grain treatment of spring barley and protection of plants against fungi. The experiments on cultivating crops have shown that this enabled to increase the yields by two-three times, and to use it for disinfection of domestic wastewaters and industrial sewage at agricultural enterprises. The technological characteristics of using electromechanical bischofite solution were considered in this study and it was found that pre-sowing soaking of spring barley seeds in 1.5 % and 2.0 % bischofite solutions had a negative effect on both germination energy and laboratory germination. Under the effect of the solution at a concentration of 1.5 % as compared with control, the value of seeds' germination energy decreased by 7%, and at using 2.0 % solution – by 23 %. Seed germination decreased by 13 and 28 %, respectively. In addition, it was found that 1% aqueous bischofite solution is the most effective concentration when soaking spring barley seeds for “Helios” and “Parnas” varieties. Soaking the seeds of “Vakula” spring barley variety showed the stimulation of the growth processes at the early stages of ontogenesis, as well as its further growth and development, increasing the yield, fodder and nutritional qualities of the grain. It has been established that at a concentration of 1.0 % bischofite aqueous solution, the germination energy is the highest, while at the concentration of 1.5 %, for the majority of the used barley samples, there has been a slowdown in germination and plant development. The stimulating effect of 1.0 % bischofite solution on germination energy, laboratory germination of seeds, as well as on the growth rates of barley plants (the area of leaf surface, weight of fresh and dry matter of aboveground part and roots) have been shown. Increasing the concentration of the solution to 1.5 % and 2.0 % has resulted in decreasing the values of the studied parameters. The results obtained confirm the prospects of using bischofite for pre-sowing treatment of spring barley seeds.

Key words: bischofite, growth stimulators, growth process, ontogenesis of barley varieties, pre-sowing treatment.

ВПЛИВ БІШОФІТУ НА ОНТОГЕНЕЗ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

М. В. Горобець, О. В. Міщенко,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Ярий ячмінь – важлива харчова, кормова та технічна культура, масштаби вирощування якої набагато менше, ніж існує національна потреба в ній. Тривалі польові експерименти та практика ви-

рощування сільськогосподарських культур показали, що попередня обробка їх насіння (насамперед посівів) бішофітом позитивно впливає на їх подальший ріст і розвиток. У статті представлені результати дослідження впливу електрохімічної обробки розчинами бішофіту з метою отримання розчинів з комплексом антибактеріальних властивостей, використання яких можна рекомендувати для передпосівної обробки ячменю ярого та захисту рослин від грибкового впливу. Це дало змогу, як показали експерименти на вирощуванні сільськогосподарських культур, збільшити врожайність удвічі-утричі, а також використовувати для знезараження побутових та промислових стічних вод у сільськогосподарських підприємствах. Розглянуто технологічні характеристики використання розчину бішофіту. Встановлено найбільш ефективну концентрацію замочування насіння ячменю ярого в концентрації 1,0% водного розчину бішофіту для сортів «Геліос» та «Парнас». Замочування насіння ячменю весняних сортів «Вакула» виявило стимулювання ростових процесів ячменю ярого вже на ранніх етапах онтогенезу, а також на подальший його ріст та розвиток, підвищення врожайності, кормових та харчових якостей зерна. Встановлено, що саме при концентрації 1,0 % водного розчину бішофіту енергія проростання є найбільш ефективною, адже при концентрації 1,5 %, для більшості використаних зразків ячменю, спостерігається сповільнення проростання та розвитку рослин. Встановлено, що найбільший стимулюючий ефект препарату на ріст кореню ячменю спостерігається на 7-у добу після передпосівного замочування. Цей ефект зберігається протягом усього дослідження. Коренева система у 7-денних проростків ячменю ярого, вирощених з насіння після передпосівної обробки 1,0% розчином бішофіту, на 31 % довші, ніж у контрольних рослин, у 14-денних рослин ці показники відрізняються на 29 %, а у 21-денних – на 16 %, відповідно. При дії розчину бішофіту в концентрації 1,5 та 2,0 % інгібував процеси росту коренів ячменю ярого. На 7 добу досліджень довжина кореневої системи рослин була менше на 22 % порівняно з контрольними проростками, на 14-ту добу – на 34 %, а на 21 добу менше на 36 %. Отже, в дослідженні показано стимулюючий вплив 1,0 % розчину бішофіту на енергію проростання, лабораторну схожість насіння, а також на показники росту рослин ячменю (площа листової поверхні, маса сирої й сухої речовини надземної частини і коренів). Отримані результати підтвердили перспективність використання препарату бішофіт для передпосівної обробки насіння ячменю ярого.

Ключові слова: бішофіт, стимулятори росту, ростові процеси, онтогенез сортів ячменю, передпосівна обробка.

ВЛИЯНИЕ БИШОФИТА НА ОНТОГЕНЕЗ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

М. В. Горобець, О. В. Мищенко,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

В исследовании рассмотрены технологические характеристики использования раствора бишофита для проращивания семян ячменя ярового. Установлена наиболее эффективная концентрация (1,0 % водного раствора бишофита) замачивания семян ячменя ярового для сортов «Гелиос» и «Парнас». Замачивание семян ячменя весенних сортов «Вакула» выявило стимулирование ростовых процессов ячменя ярового уже на ранних этапах онтогенеза, а также на дальнейший его рост и развитие, повышение урожайности, кормовых и пищевых качеств зерна. Установлено, что при концентрации 1,0 % водного раствора бишофита энергия прорастания является наиболее эффективной, ведь при концентрации 1,5 % для большинства использованных образцов ячменя, наблюдается замедление прорастания и развития растений. Установлено, что наибольший стимулирующий эффект препарата на рост корней ячменя наблюдается на 7-е сутки после предпосевного замачивания. Этот эффект сохраняется на протяжении всего исследования. Таким образом, в исследовании показано стимулирующее влияние 1,0 % раствора бишофита на энергию прорастания, лабораторную всхожесть семян, а также на показатели роста растений ячменя (площадь листовой поверхности, массу сырого и сухого вещества надземной части и корней). Полученные результаты подтвердили перспективность использования препарата бишофит для предпосевной обработки семян ячменя ярового.

Ключевые слова: бишофит, стимуляторы роста, ростовые процессы, онтогенез сортов ячменя, предпосевная обработка.

Вступ

Найважливішою проблемою сучасного сільського господарства України є збільшення виробництва високоякісного зерна. Адже воно справді вважається національним надбанням держави, одним з основних факторів стійкості її економіки і гарантії продовольчої безпеки країни [16].

Оскільки на сьогодні у світовій практиці збільшення виробництва й розширення посівних площ ячменю ярого направлено на освоєння найпівнічніших регіонів як в Азії, Європі, так і в Північній Америці, де економічна ефективність вирощування цієї культури значно вище, ніж у зоні екваторіальних пустель, вважаємо, що вирощування цієї культури в Полтавській області є вигідним і перспективним, оскільки існують всі необхідні ґрунтово-кліматичні умови [15, 18].

На відміну від технології вирощування ячменю ярого в інших кліматичних зонах до переваг його виробництва в Полтавській області можна віднести і екологічну безпеку. Пестицидне навантаження при вирощуванні ячменю ярого суттєво нижче, ніж цього вимагають інші широко поширені культури в зоні Південного землеробства (такі як люцерна, овочі, соя, пшениця) і має традиційну схему його застосування: протруювання насіння, внесення ґрунтових і листових гербіцидів, дворазове обприскування проти шкідників [19, 20]. Відрізняється ячмінь ярий від інших культур відсутністю обробок фунгіцидами, проведенням хімічного карбування і дефоліації хлоратом магнію, який можна вважати мікродобривом [17].

Метою дослідження є вивчення особливостей впливу бішофіту на посівні якості насіння й показники зростання на початкових етапах розвитку рослин ячменю ярого сортів Геліос, Парнас, Вакула.

Завдання дослідження. Дослідити вплив водних розчинів препарату бішофіт з різною концентрацією на онтогенез сортів (Геліос, Парнас та Вакула) ячменю ярого.

Матеріали і методи досліджень

Як об'єкт дослідження використовували насіння й рослини ячменю ярого (сортів Геліос, Парнас, Вакула). Дослідження проводили 2017–2019 років на базі ФГ «Горобець» в с. Шилівка Решетилівського району Полтавської області. Експеримент включав допосівну обробку насіння розчином бішофіту з різною концентрацією та у фазі кущення посівів ячменю ярого, та без обробки (контроль).

Якість зерна ячменю ярого відповідала вимогам ДСТУ–3769–98. Ячмінь. Технічні умови. Схожість насіння в лабораторних умовах визначали згідно з ДСТУ 4138–2002.

Дослідження проводили в умовах лабораторії та в полі. В умовах лабораторії насіння відбирали за середніми розмірами, промивали у проточній воді, протруювали у слабкому розчині калію перманганату, потім тричі промивали водою дистильованою. З метою вивчення впливу препарату бішофіт на лабораторну схожість підготовлене насіння розкладали по 100 штук у кювети на фільтрувальний папір, змочений розчинами бішофіту згідно зі схемою дослідів. У кожен кювету приливали по 200 мл робочого розчину з різною концентрацією досліджуваного препарату (0,1, 0,5, 1,0, 1,5 та 2,0 %). Контролем служило насіння, поміщене в кювету з відстоюною водопровідною водою. Для порівняння було також висаджено певну кількість насіння ячменю ярого у відкритий ґрунт на поля досліджуваного господарства. Польову схожість визначали шляхом висівання певної кількості насіння ячменю ярого в ґрунт з подальшим підрахунком кількості рослин у відсотках до висіяного насіння [3].

Тривалість обробки розчинами бішофіту становила 6 годин, а потім насіння висаджували у ґрунт. Серед морфометричних показників досліджувалися такі: висота рослин, довжина коренів, площа листової пластинки, маса сирого і сухої речовини в 7-, 14- і 21-денних рослин. Насіння замочували в термостаті типу ТС–80М–2 в темряві при температурі +20 °С. Природне освітлення й вологість були 60 % від повної вологоємності (ПВ). Температура проростання підтримувалася в межах від +22 до +24 °С. Тобто енергія проростання і схожість насіння відповідали вимогам ГОСТу 12038–84. Отримані експериментальні дані оброблені за допомогою методів математичної статистики [5].

Результати досліджень та їх обговорення

Зерно ячменю ярого на світовому ринку користується великим попитом, тому на нього встановлена висока ціна. Наша держава має великий потенціал виробництва ячмінного зерна й реальні можливості збільшити його експорт і заробляти на цьому значні кошти. Зважаючи на це, доцільно найближчими роками суттєво збільшити виробництво і експорт цієї культури. Але підвищувати валові збори зерна ячменю ярого потрібно не шляхом розширення площ посіву, а завдяки збільшенню врожайності культури. Головними причинами низької урожайності ячменю ярого є низький рівень агротехніки

й недосконала технологія його виробництва, яка недостатньо зважає на особливості вирощування сучасних сортів, зміни клімату, які тепер відбуваються та інші фактори. Впровадження ячменю ярого в агровиробництво прискориться у разі використання нових скоростиглих сортів [2].

Одним з найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур нині є передпосівна обробка насіння регуляторами росту й розвитку рослин у комплексі з мікроелементами. Регулятори росту розглядають як екологічно чистий і економічно вигідний спосіб підвищення врожайності зернових, що дає змогу найбільш повно реалізувати можливості рослинного організму, підвищити стійкість рослин до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища [9].

До перспективних у промисловому використанні і екологічно безпечних комплексних препаратів відноситься бішофіт. Бішофіт є мінералом класу галогеноїдів складу – $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$, що у кристалогідратній формі має таку будову – $Mg(H_2O)_6Cl_2$, безбарвна, кристалічна порода з низькою твердістю й високою гігроскопічністю. Характеризується високою розчинністю у воді, що зростає при нагріванні. Бішофітний розсіл має безбарвний або жовтувато-рожевий колір з пекучим гірко-солоним смаком. У бішофіті є близько 70 активних речовин (мікроелементи калію, кальцію, натрію, йоду, купруму, феруму, молібдену, титану, силіцій, рубідій, літій), але його головним компонентом є магнію хлорид ($MgCl_2$), концентрація якого на літр розчину становить 450 г (98 %). Найкращі фізико-хімічні показники має бішофіт, що видобувається в Полтавському регіоні [12].

Результати польової схожості показали значне відхилення від лабораторних (різниця 40–50 %). При лабораторному замочуванні та пророщуванні зразків спостерігається більший відсоток схожих насінин, ніж у польових умовах. Це можна пояснити тим, що при лабораторному визначенні схожості насіння ячменю ярого створюються оптимальні умови для росту (температура +20 °C та вологість). Додатковим фактором зниження схожості в польових умовах є низька конкурентна здатність ячменю ярого порівняно з бур'янами і неможливість створення оптимальних умов у польових умовах за щільністю ґрунту. Крім того, на ділянках важкі запливаючі ґрунти, і при проведенні заходів боротьби з бур'янами (ручне прополювання) також пошкоджуються проростки ячменю ярого, що досліджуються [4].

Результати досліджень з вивчення впливу бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого наведені в таблиці 1.

1. Вплив різної концентрації препарату бішофіт на проростання насіння ячменю ярого (середні значення для 3 сортів)

Варіанти дослідів	Енергія проростання, % ($x \pm S_x$)	Лабораторна всхожість, % ($x \pm S_x$)	Довжина проростку, мм ($x \pm S_x$)
Контроль	58,3 $\pm$ 0,2	91,2 $\pm$ 0,7	4,6 $\pm$ 0,2
Бішофіт, 0,1 %	64,8 $\pm$ 0,2	93,6 $\pm$ 0,3	5,7 $\pm$ 0,3
Бішофіт, 0,5 %	72,0 $\pm$ 0,1	95,1 $\pm$ 0,3	7,2 $\pm$ 0,3
Бішофіт, 1,0 %	75,1 $\pm$ 0,2	99,7 $\pm$ 0,1	7,5 $\pm$ 0,3
Бішофіт, 1,5 %	66,2 $\pm$ 0,3	78,5 $\pm$ 0,4	3,8 $\pm$ 0,1
Бішофіт, 2,0 %	53,1 $\pm$ 0,1	68,3 $\pm$ 0,2	2,7 $\pm$ 0,1

Примітки: різниця середніх значень контролю і дослідів достовірна при $p < 0,01$ для всіх варіантів.

Отримані дані свідчать, що найбільш оптимальною є концентрація бішофіту – 1,0 % за якої спостерігається найбільш стимулюючий вплив на проростання насіння ячменю ярого. В цьому випадку схожість насіння ячменю ярого вище на 7 % порівняно з контролем, а енергія проростання – на 30 %. Графічне представлення отриманих результатів представлено на рис. 1.

Передпосівне замочування насіння ячменю ярого в 1,5 та 2,0 % розчинах бішофіту спричинило негативну дію як на енергію проростання, так і на лабораторну схожість. Під впливом розчину в концентрації 1,5 % порівняно з контролем величина енергії проростання насіння зменшилася на 7 %, а при використанні 2,0 % – на 23 %. Схожість насіння знизилася на 13 і 28 %, відповідно.

Встановлено, що замочування насіння в розчинах бішофіту з різною концентрацією сприяє збільшенню довжини проростків (табл. 1). Оптимальною концентрацією бішофіту є 1,0 %; оброблені цим розчином рослини характеризувалися довжиною проростка понад 63 %, ніж контрольні. Навпаки, передпосівне замочування насіння в 1,5 та 2,0 % розчинах бішофіту призводить до значного зменшення довжини проростків порівняно з контролем (відповідно в 1,2 і в 1,7 рази) [6, 14].

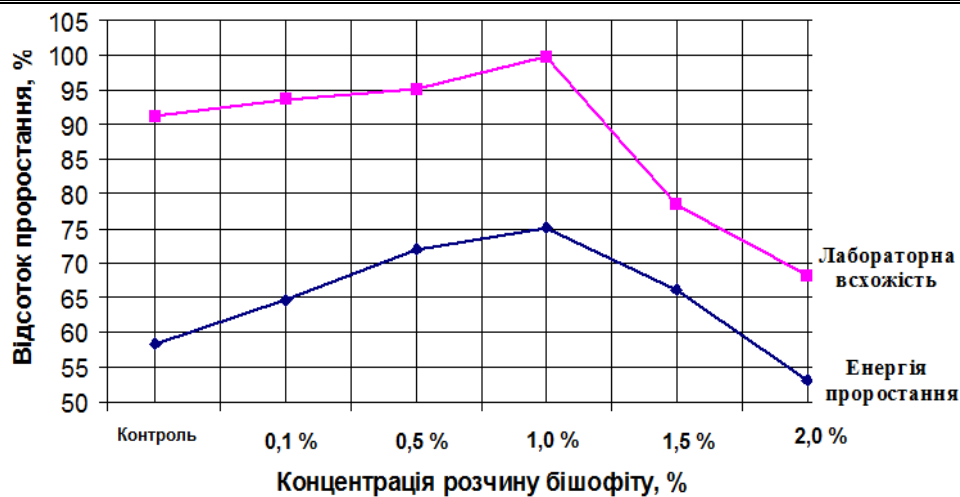


Рис. 1. Схематичне зображення рівня впливу різної концентрації препарату бішофіт на проростання насіння ячменю ярого

Дослідження впливу препарату на морфометричні показники проростків ячменю ярого на ранніх етапах онтогенезу (7-й, 14-й і 21-й дні вирощування) виявляє позитивну дію на ростові процеси (табл. 2).

2. Вплив розчину бішофіту з різною концентрацією на морфометричні показники ячменю ярого

Варіанти проведення експерименту	Висота надземної частини, см ($\bar{x} \pm Sx$)			Довжина кореневої системи, см ($\bar{x} \pm Sx$)		
	7 доба	14 доба	21 доба	7 доба	14 доба	21 доба
Контроль	11,4 $\pm$ 0,03	21,3 $\pm$ 0,05	27,3 $\pm$ 0,11	13,1 $\pm$ 0,11	23,5 $\pm$ 0,11	36,9 $\pm$ 0,05
Бішофіт, 0,1 %	12,5 $\pm$ 0,04	22,4 $\pm$ 0,08	26,8 $\pm$ 0,08	15,2 $\pm$ 0,08	24,7 $\pm$ 0,06	37,2 $\pm$ 0,06
Бішофіт, 0,5 %	14,7 $\pm$ 0,12	23,8 $\pm$ 0,06	29,3 $\pm$ 0,06	16,2 $\pm$ 0,05	29,2 $\pm$ 0,19	41,3 $\pm$ 0,21
Бішофіт, 1,0 %	12,7 $\pm$ 0,05	27,2 $\pm$ 0,06	37,2 $\pm$ 0,08	17,3 $\pm$ 0,06	30,2 $\pm$ 0,17	42,7 $\pm$ 0,16
Бішофіт, 1,5 %	10,8 $\pm$ 0,08	26,1 $\pm$ 0,11	35,9 $\pm$ 0,07	15,7 $\pm$ 0,14	28,3 $\pm$ 0,14	39,8 $\pm$ 0,15
Бішофіт, 2,0 %	7,8 $\pm$ 0,02	19,3 $\pm$ 0,07	27,0 $\pm$ 0,09	13,2 $\pm$ 0,11	19,1 $\pm$ 0,07	28,6 $\pm$ 0,09

Примітки: різниця середніх значень контролю і досліду достовірна при $p < 0,01$ для всіх варіантів.

Дані таблиці 2 свідчать, що найбільш ефективно впливає на початкові етапи ростових процесів ячменю ярого передпосівна обробка насіння розчином 1,0 %-ої концентрації бішофіту. Вже на 7 добу від початку експерименту висота проростків ячменю ярого в 1,3 раза перевищує висоту рослин у контрольному експерименті. Використання 1,5 та 2,0 %-ої концентрацій бішофіту призводить до інгібування ростових процесів у рослин ячменю [1].

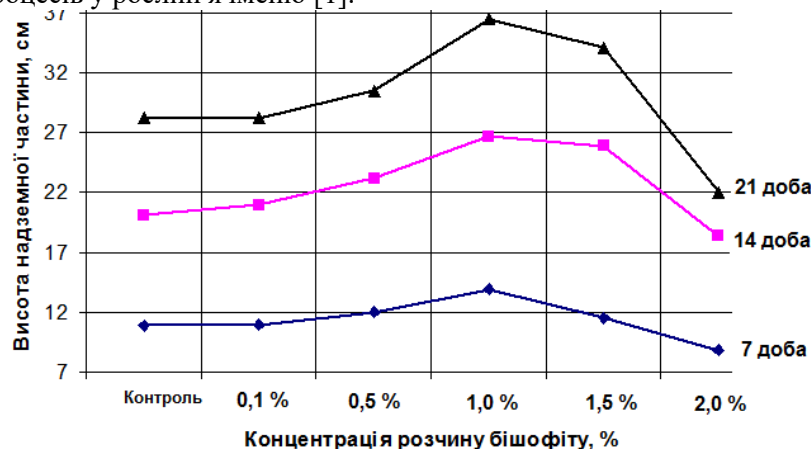


Рис. 2. Схематичне зображення впливу розчину бішофіту з різною концентрацією на висоту надземної частини ячменю ярого, см

Як свідчать дані рисунку 2, передпосівне замочування з використанням 1,5 % концентрації препарату сприяє зменшенню висоти 7-добових проростків на 14,4 % порівняно з показниками для контролю.

льних рослин ячменю ярого. Обробка розчином концентрацією 2,0 % призводить до зниження показника приросту на 24 % [8].

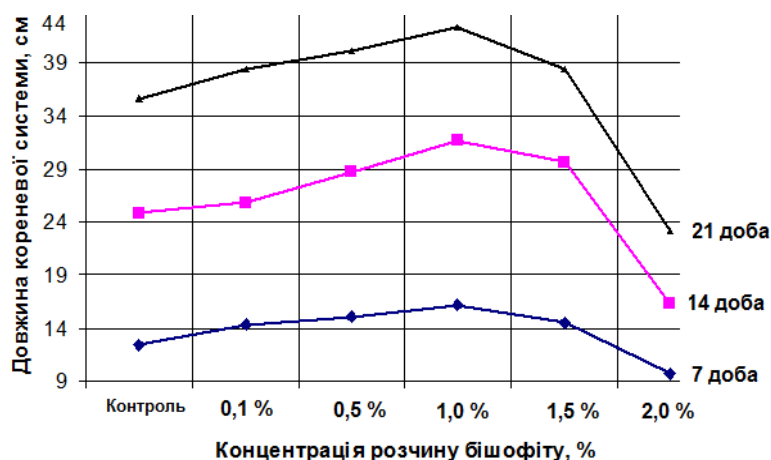


Рис. 3. Схематичне зображення впливу розчину бішофіту з різною концентрацією на довжину кореневої системи ячменю ярого, см

Дослідження морфометричних показників ячменю ярого на 14 та 21 добу підтверджує встановлену для 7-добових рослин тенденцію: що найвищий стимулюючий ефект на ростові процеси ячменю ярого проявляється при концентрації бішофіту на рівні 1,0 % (на 33 і 29 % висота проростків ячменю є більшою, ніж у контролі) [11].

При вивченні впливу розчину бішофіту на довжину кореневої системи ячменю ярого встановлено, що препарат має стимулюючу дію при передпосівній обробці у всіх випробовуваних концентраціях, крім 1,5 та 2,0 % (таб. 2 та рис. 3). Найбільшу величину мали коріння рослин, що зазнали впливу препарату в концентрації 1,0 %. Після передпосівного замочування насіння величина цього параметра збільшилася на 16–31 % [13].

У нашому дослідженні ми також брали до уваги загальний стан проростків і такі показники, як кількість нетипово пророслих насінин, ступінь ураженості зразків патогенами, кількість сильних проростків. Проростки класифікували на типові та нетипові. До типових відносили проростки ячменю ярого, що мають нормально розвинені корінці, один з яких досяг довжини насінини, і добре розвинений листок довжиною не менш довжини насінини [10]. До нетипових відносили проростки із закрученими чи товстими листками та корінцями, розірваним колеоптилем, незабарвленим листком у колеоптилі, відсутністю корінців при розвиненому листку, водянистими або ниткоподібними корінцями, тріщинами проростків, що досягають провідних тканин. У таблиці 3 представлено загальні результати оцінки впливу бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого [7].

3. Загальні результати оцінки впливу бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого

Фази розвитку ячменю ярого	Досліджувані сорти ячменю ярого (з розчином бішофіту)			Стандарт (без розчину бішофіту)		
	Геліос	Парнас	Вакула	Геліос	Парнас	Вакула
Проростання	16.04	15.04	15.04	16.04	15.04	15.04
Сходи	18.04	19.04	20.04	19.04	21.04	22.04
Кущення	9.05	10.05	8.05	5.05	13.05	13.05
Вихід в трубку	30.05	25.06	27.05	31.05	28.06	25.05
Колосіння	7.06	5.06	3.06	17.06	8.06	6.06
Цвітіння	11.06	10.06	9.06	21.06	15.06	13.06
Молочна стиглість	26.06	24.06	25.06	29.06	27.06	27.06
Воскова стиглість	6.07	8.07	5.07	8.07	6.07	7.07
Збирання врожаю	10.07	10.07	10.07	12.07	14.07	16.07
Вологість насіння	14,1 %	14,4 %	15,3 %	14,9 %	15,4 %	15,8 %
Урожайність	55,4 ц/га	52,6 ц/га	53,8 ц/га	45,4 ц/га	41,6 ц/га	43,8 ц/га

Встановлено, що передпосівне замочування насіння в 0,1, 0,5, 1,0, 1,5 та 2,0 % розчинах бішофіту протягом 6 годин позитивно впливає на збільшення площі листя рослин уже на 7 добу після обробки й цей ефект зберігається протягом усього експерименту. Оптимальною концентрацією бішофіту, що має стимулюючий вплив на площу листової поверхні ячменю ярого (сортів Геліос, Парнас та Вакула) є 1,0 % водний розчин [11].

Висновки

Проведене дослідження показало позитивний вплив розчину бішофіту на проростання й ростові процеси ячменю ярого – сортів Геліос, Парнас та Вакула. Найбільш ефективною за дією на досліджувані показники є передпосівна обробка розчином препарату бішофіт 1,0 % концентрації.

Передпосівна обробка насіння дає змогу отримати рослини, які вже на 7 добу мають площу листової поверхні на 18,8 % вище, ніж у контрольних рослинах. На 14 добу досліджень цей показник у оброблених бішофітом рослин перевищує контрольні показники на 17,7 %, а у 21-денних – на 17,6 %. Площа листової поверхні однієї рослини зростає через збільшення довжини й ширини листової пластинки, при цьому кількість листків на рослині не змінюється.

Перспективи подальших досліджень. Показано стимулюючий вплив розчину в такій концентрації на енергію проростання, лабораторну схожість насіння, а також на показники росту рослин ячменю ярого (площа листової поверхні, маса сирії й сухої речовини надземної частини і коренів). Збільшення концентрації препарату до 1,5% та 2,0% призводить до зниження величини досліджуваних показників. Отримані результати підтвердили перспективність використання бішофіту для передпосівної обробки насіння ячменю ярого.

References

1. Jasnolob, I. O., Chajka, T. O., & Ghorb, O. O. (2019). *Aljternatyvni dzherela energiji u pidvyshhenni energhoefektyvnosti ta energhonezalezhnosti siljsjkykh terytorij: kolektyvna monoghrafija*. Poltava: Vydavnytstvo PP «Astraja» [In Ukrainian].
2. Vasjko, N. I., Kozachenko, M. R., Naumov, O. Gh., & Vazhenina, O. Je. (2014) Tekhnologhija ta efektyvnistj vyroshhuvannja jachmenju jarogho, prydatnogho dlja pyvovarinnja. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennja ahropromyslovoho vyrobnytstva Kharkivskoi oblasti*, 16, 26–38 [In Ukrainian].
3. Ghorash, O. S., & Kufelj, A. V. (2016) Poljova skhozhistj ta zberezhenistj roslyn pyvovarnogho jachmenju jarogho zalezhno vid strokiv sivby ta norm vysivu nasinnja. *Aghrobiologhija*, 2, 23–26 [In Ukrainian].
4. Materynsjkyj, P. V., & Cholovsijkyj, S. M. (2018) Reghuljatory rostu retardantnogho typu jak zasib formuvannja optymaljnoji struktury j arkhitektoniky vysokoproduktyvnogho posivu zernovykh kuljtur. *The Ukrainian Farmer*, 3, 26–31 [In Ukrainian].
5. Ghyrka, A. D., Tkalych, I. D., Sydorenko, Ju. Ja., Bochevar, O. V., & Iljjenko, O. V. (2017) Reakcija jarogho jachmenju na muljchuvannja, dobryva ta shyrynu mizhrjadj. *Aghronom*, 2, 92–96 [In Ukrainian].
6. Rozhkov, A. O., & Chernobai, S. V. (2015). Vplyv norm vysivu ta pozakorenevykh pidzhyvlen na efektyvnist vyroshchuvannja yachmeniu yaroho sortu Dokuchaievskiy 15. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, (3), 44–49. doi: 10.31210/visnyk2015.03.05 [In Ukrainian].
7. Romanjuk V. I. (2018) Zastosuvannja reghuljatoriv rostu roslyn v aghrocenozakh jachmenju jarogho. *Kormy i kormovyj bilok. Tezy dopovidej Kh mizhnarodnoji naukovoji konferenciji*. Vinnycja: Dilo [In Ukrainian].
8. Romanjuk, V. I. (2019) Fotosyntetychna produktyvnistj jachmenju jarogho v umovakh Lisostepu pravoberezhnogho. *Visnyk Aghrarnoji Nauky*, 3 (792), 76–81 [In Ukrainian].
9. Tokar, B. Ju. (2015). Urozhajnistj jachmenju jarogho zalezhno vid udobrennja ta retardantnogho zakhystu na chornozemakh typovykh: byblyoghrafija. *Naukovyj Visnyk Nacionaljnogho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannja Ukrajiny: Serija: Aghronomija*, 210 (1), 110–114 [In Ukrainian].
10. Torikov, V. V. (2015). Urozhajnost zerna yarovogo yachmenya v zavisimosti ot uslovij vzdelyvaniya. *Agrohimicheskij Vestnik*, 3, 34–35 [In Russian].
11. Kholodchenko, R. M., & Tokar, B. Ju. (2015). Vplyv mineralnykh dobryv ta retardantnogho zakhystu na urozhajnistj jachmenju jarogho pyvovarnogho. *Aghrobiologhija*, 1, 56–58 [In Ukrainian].
12. Chmeljova, S. I., Kucher, Je. M., Reshetnyk, Gh. V. (2014). Vplyv preparatu Mival-Aghro na rostovi procesy roslyn jachmenju na pochatkovykh etapakh ontoghenezu. *Ekosystemy, jikh optymizacija ta*

okhorona, 9, 206–214 [In Ukrainian].

13. Shevchenko, O. I. (2014). Osnovy formuvannja produktyvnosti jachmenju jarogho. *Khimija. Aghronomija. Servis*, 2, 20–26 [In Ukrainian].

14. Jashhenko, L. A. (2015). Produktyvnistj jachmenju jarogho za vykorystannja preparatu polimiksobakteryn. *Molodyj Vchenyj*, 7 (1), 30–32 [In Ukrainian].

15. Singh, A., Singh, H., Kang, J. S. & Singh J., (2014). Advancement of agronomic practices in malting barley – a review. *International Journal of Current Research*, 6 (2), 4921–4935.

16. Kong, E., Liu, D., Guo, X., Yang, W., Sun, J., Li, X., Zhan, K., Cui D., Lin, J., & Zhang, A. (2013). Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *The Crop Journal*, 1 (1), 43–49. doi: 10.1016/j.cj.2013.07.012.

17. Chen, W. Y., Liu, Z. M., Deng, G. B., Pan, Z. F., Liang, J. J., Zeng, X. Q., Tashi, N. M., Long, H., & Yu, M. Q. (2014). Genetic relationship between lodging and lodging components in barley (*Hordeum vulgare* L.) based on unconditional and conditional quantitative trait locus analyses. *Genetics and Molecular Research*, 13 (1), 1909–1925. doi: 10.4238/2014.march.17.19.

18. Kucher, A. V. (2016). Economic effectiveness of liquid organic fertilizers. *Economy APK*, 4, 45–50.

19. Matoka, M. C., Schittenhelm, S., Greef, M. J., & Agong, G. S. (2014). Spring barley (*Hordeum vulgare* L.) Responses to Soil Injected Liquid Ammonium Nutrition under Different Growth Temperatures. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (9), 01–10. doi: 10.9790/2380-07920110.

20. Tabatabaei, S. M., & Akhgari, H. (2014). The investigation of growth reducer Cycocel effect on yield and some quantitative characteristics of rice (*Oryza sativa*) at different nitrogen levels. *International Journal of Farming and Allied Science*, 3 (2), 197–202.

Стаття надійшла до редакції 25.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Горобець М. В., Міщенко О. В. Вплив бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 25–32.

© Горобець Максим Вікторович, Міщенко Олег Вікторович, 2020



**BULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMY**

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>



original article | UDC 631.52:633.15 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.03

SELECTION VALUE OF CORN VARIETY DIVERSITY OF USTYMYVKA EXPERIMENTAL PLANT GROWING STATION COLLECTION

Yu. V. Kharchenko^{1*}

ORCID  [0000-0003-0901-9624](https://orcid.org/0000-0003-0901-9624)

L. Ya. Kharchenko¹

ORCID  [0000-0002-3962-1416](https://orcid.org/0000-0002-3962-1416)

O. M. Kutsenko²

ORCID  [0000-0001-8692-2302](https://orcid.org/0000-0001-8692-2302)

V. V. Liashenko²

ORCID  [0000-0003-0177-6209](https://orcid.org/0000-0003-0177-6209)

¹Ustymivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine, 25, akademician Vavylova st., v. Ustymivka, Hlobyno district, Poltava region, 39074, Ukraine

²Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: viktor.liashenko@pdaa.edu.ua

The expediency of creating self-pollinated lines of a new generation is presented in the article. To achieve this aim it is necessary to ensure the selection requirements in the initial material having broad genetic basis and high adaptability. New lines can be obtained from the best local and selection varieties, populations, early-ripening and mid-early hybrids of the world and Ukrainian selection, synthetic populations, and also late-ripening varieties and races from southern countries. Field experiments were conducted at Ustymivka experimental plant growing station in 5-field crop rotation in 2014–2019. 300 local corn selection varieties and populations of various ecological and geographical origins from 16 countries of the world served the material for studies. The experiments were conducted under the following conditions: the background – black fallow land; cultivation technology included timely performing the complex of agro-technical measures of soil tillage and handling plants, typical for the Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine; sowing was conducted at the end of April or beginning of May in double blocks; the plot area was 4.9 m²; the following standards were used: Kharkivskiyi 193 MB, Kharkivskiyi 295 MB, and Kharkivskiyi 313 MB hybrids. The applied study methods enabled to differentiate the collection samples and single out the most valuable ones, as sources of economic and selection valuable signs according to different directions of selection using – yield and its components, product quality, resistance to stress climatic factors, etc. As a result of studying the collection of corn genetic resources, the “Catalogue of genetic diversity of corn ancient, local, selection varieties and populations (Zea Mays L.), at Ustymivka experimental plant growing station collection” was created. The collection genetic resources was certified, and work on systematizing and grouping the samples according to their origin, methods of creation, botanical taxonomy, groups of value (by the classifier) was conducted. Each sample is provided with available standard grain. The majority of seeds were put for long-term storage. Each sample was given the National Catalogue of Ukraine number.

Keywords: corn, sign, samples, variety, population, productivity, kernel percentage, earliness of ripening, selection value.

СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ СОРТОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ КУКУРУДЗИ КОЛЕКЦІЇ УСТИМІВСЬКОЇ ДОСЛІДНОЇ СТАНЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Ю. В. Харченко¹, Л. Я. Харченко¹, О. М. Куценко², В. В. Ляшенко²,

¹ Устимівська дослідна станція рослинництва, Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України, с. Устимівка, Глобинський район, Полтавська область, Україна

² Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

У статті наведено доцільність створення самозапилених ліній нового покоління, для чого необхідно забезпечити потреби селекції у вихідному матеріалі з широкою генетичною основою та високою адаптивністю. Нові лінії можна одержати з кращих місцевих і селекційних сортів, популяцій, ранньостиглих і середньоранніх гібридів світової й вітчизняної селекції, синтетичних популяцій, а також з пізньостиглих сортів та рас з південних країн. Польові дослідження були проведені на Устимівській дослідній станції рослинництва в науковій 5-пільній сівозміні 2014–2019 років. Матеріалом для досліджень слугували 300 місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи різного еколого-географічного походження з 16 країн світу. Дослідження виконували за таких умов: попередник – чорний пар; технологія вирощування включала своєчасне проведення комплексу агротехнічних заходів з обробки ґрунту та догляду за рослинами, типовою для зони Лівобережного Лісостепу України; сівбу проводили в кінці квітня або на початку травня у 2-х кратній повторності; площа ділянки 4,9 м²; стандартами слугували гібриди Харківський 193 МВ, Харківський 295 МВ, Харківський 313 МВ. Застосовані методики вивчення дали змогу диференціювати колекційні зразки та виділити найбільш цінні, як джерела господарських та селекційно-цінних ознак за різними напрямками селекційного використання – за урожайністю та її складниками, якістю продукції, стійкістю до стресових кліматичних факторів тощо. За результатами вивчення цієї колекції генофонду кукурудзи створено «Каталог генетичного різноманіття стародавніх, місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи (*Zea Mays* L.) колекції Устимівської дослідної станції рослинництва».

Ключові слова: кукурудза, ознака, зразки, сорт, популяція, продуктивність, озерненість, скоростиглість, селекційна цінність.

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ СОРТОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ КУКУРУЗЫ КОЛЛЕКЦИИ УСТИМОВСКОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СТАНЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Ю. В. Харченко¹, Л. Я. Харченко¹, А. М. Куценко², В. В. Ляшенко²,

¹ Устимовская опытная станция растениеводства, Институт растениеводства имени В. Я. Юрьева НААН Украины, с. Устимовка, Глобинский район, Полтавская область, Украина

² Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

В статье приведены целесообразность создания самозапыленных линий нового поколения, для чего необходимо обеспечить потребности селекции в материале с широкой генетической основой и высокой адаптивностью. Полевые исследования были проведены на Устимовской опытной станции растениеводства в 2014–2019 годах. Материалом для исследований послужили 300 местных, селекционных сортов и популяций кукурузы разного эколого-географического происхождения. Используемые методики изучения позволили дифференцировать коллекционные образцы и выделить наиболее ценные, как источник хозяйственных и селекционно-ценных признаков по разным направлениям селекционного использования – по урожайности и ее составляющим, качеству, устойчивостью к стрессовым климатическим факторам и тому подобное. По результатам изучения данной коллекции генофонда кукурузы создан «Каталог генетического разнообразия древних, местных, селекционных сортов и популяций кукурузы (*Zea Mays* L.) коллекции Устимовской опытной станции растениеводства».

Ключевые слова: кукуруза, признак, образцы, сорт, популяция, производительность, озерненность, скороспелость, селекционная ценность.

Вступ

Основними напрямками в селекції кукурудзи є підвищення врожайності та якості продукції, стійкості до хвороб, шкідників та несприятливих умов зовнішнього середовища (посухостійкість, зимостійкість, стійкість до вилягання), створення гібридів, придатних для вирощування за інтенсивними технологіями [2, 4]. Для створення самозапилених ліній нового покоління необхідно забезпечити потреби селекції у вихідному матеріалі з широкою генетичною основою та високою адаптивністю. Нові лінії можна одержати з кращих місцевих і селекційних сортів, популяцій, ранньостиглих і середньоранніх гібридів світової й вітчизняної селекції, синтетичних популяцій, а також з пізньостиглих сортів та рас з південних країн. Про підвищену цікавість селекціонерів до місцевих сортів як джерел цінних генів свідчить низка повідомлень [5, 6, 9].

Кукурудза – одна з небагатьох культур тропічного походження з надзвичайно широким спектром зразків за довжиною вегетаційного періоду. Пластичність цієї ознаки дала змогу їй завоювати країни в зонах з помірним кліматом, а пізніше і в більш північних широтах. За валовим світовим виробництвом зерна кукурудза посідає перше місце серед усіх зернових культур. Кукурудза є універсальною культурою, яка стала джерелом сировини для забезпечення потреб промисловості. Широке використання її зерна в харчовій промисловості дає можливість насичувати продовольчий ринок різною продукцією. Все більшого попиту останнім часом набуває кукурудзяна олія, борошно, крупа, крохмаль, глюкоза, спирт, кукурудзяні палички, пластівці, консервоване зерно тощо. Для селекції гібридів харчового напрямку загалом використовують кременистий, розлусний і цукровий підвиди [1, 14, 19]. Згідно з літературними джерелами для підвидів продовольчої кукурудзи характерна обмежена генетична основа [5, 6, 9].

Успіх селекційної роботи з будь-якою сільськогосподарською культурою значною мірою залежить від правильно підібраного вихідного матеріалу. Наявність донорів і джерел цінних господарських ознак дає змогу селекціонеру цілеспрямовано конструювати нові генотипи шляхом використання певних генів і їх блоків у програмах гібридизації.

Значна різноманітність місцевих, селекційних сортів і популяцій є народним надбанням. Вони можуть бути донорами цінних генів (холодостійкості, імунності до грибкових хвороб, якості зерна, тощо) при створенні нових ліній і гібридів.

Ще академік М. М. Кулешов надавав великого значення збору місцевих зразків кукурудзи з різних географічних регіонів та вивченню їх екологічної мінливості за морфологічними ознаками. Наявний генофонд раніше широко використовувався в селекційних програмах того часу як для селекції сортолінійних гібридів, так і для створення вихідного матеріалу, що використовувався для створення ліній [4].

Для створення нових гібридів інтенсивного типу необхідно широко залучати до селекційного процесу генетичні ресурси вітчизняних культурних рослин, а також споріднені їм дикорослі види. Тому створення й збереження генофонду з метою використання його в селекційній роботі має велике значення. Стародавні, так звані «місцеві» сорти і форми рослин, створені талантом і працею багатьох поколінь селян (народною селекцією), характеризуються високою пристосованістю до умов вирощування, стійкістю або толерантністю до хвороб та шкідників, несуть різноманітні й неперевершені показники якості продукції [3, 11].

До місцевих відносяться сорти створені довгим народним відбором. Вони не мають автора, створювалися тривалий час, дуже часто морфологічно не вирівняні, але добре адаптовані до місцевих умов і часто дають високі врожаї хорошої якості, скоростиглі, стійкі до хвороб та шкідників. Багато місцевих стародавніх сортів є популяціями, які можуть складатися з кількох різновидностей, але бути однорідними за цінними господарськими ознаками.

На Устимівській дослідній станції знаходиться досить багата колекція місцевих, стародавніх та сучасних сортів кукурудзи. Наразі вона нараховує понад 550 зразків усіх підвидів кукурудзи, що походять з різних країн та регіонів світу і є цінними для практичної селекції. Близько 80 % місцевих сортів кукурудзи до колекції станції були залучені з Всеросійського інституту рослинництва імені М. І. Вавилова (ВІР). Основою колекції були й залишаються зразки зборів розпочатих М. І. Вавиловим, продовжених його колегами та учнями (Столетова А. Е., Якушевський Е. С., Лисов В. Н. та інші) 1920–1941 років. Зразки кукурудзи додали до колекції ВІР ще тоді, коли сорти-популяції селянських господарств не були замінені на селекційні [16].

Наразі щорічно проводяться експедиції в різні райони України. Разом з цілеспрямованим збором, інвентаризацією і їх подальшим збереженням Генбанку зібрані зразки кукурудзи досліджуються за цілим комплексом ознак для створення потенційної можливості включення їх у селекційні програми.

Мета досліджень полягає у вивченні генетичного різноманіття стародавніх, місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи за основними господарсько-цінними ознаками для використання в

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

селекційних програмах з метою створення високоврожайних, стійких до стресових умов середовища, захворювань та пристосованих до механізованого збирання гібридів кукурудзи, а також створення каталогу сортів.

При проведенні роботи було розв'язано низку завдань: виявлення найбільш цінних зразків за рівнем прояву ознак, проведення порівняльної характеристики генофонду за продуктивними та адаптивними показниками, розподіл сортів, що вивчалися, на групи за напрямками селекційного чи господарського використання.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження були проведені на Устимівській дослідній станції рослинництва в науковій 5-пільній сівозміні 2014–2019 років. Матеріалом для досліджень слугували 300 місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи з колекції УДСР. Попередник – чорний пар. Технологія вирощування колекційних зразків включає своєчасне проведення комплексу агротехнічних заходів з обробітку ґрунту та догляду за рослинами і є типовою для зони Лівобережного Лісостепу України. Сівбу проводили в кінці квітня або на початку травня у 2-х кратній повторності. Площа ділянки 4,9 м². Як стандарти використовували гібриди Харківський 193 МВ, Харківський 295 МВ, Харківський 313 МВ.

1. Метеорологічні дані за період «травень–вересень» 2014–2019 роки (метеопост Устимівської дослідної станції рослинництва)

Рік	Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С	Відхилення від багаторічної (+,-) °С	Абсол. max °С	Абсол. min °С	Сума опадів, мм	Відхилення від багаторічної (+,-) мм	ГТК
2014	травень	19,7	+3,8	33,5	-0,9	63,1	+13,1	1,03
	червень	20,5	+1,0	34,0	4,6	50,2	-6,8	0,82
	липень	24,1	+3,1	35,0	10,6	50,0	-22,0	0,67
	серпень	24,0	+3,2	37,0	4,1	48,1	-9,9	0,65
	вересень	16,8	+2,4	32,0	-1,1	54,8	-1,2	1,09
2015	травень	17,6	+2,3	31,5	2,6	56,5	+6,5	1,03
	червень	21,0	+1,5	33,0	4,6	123,5	+66,5	1,73
	липень	22,8	+1,8	35,0	8,1	46,2	-25,8	0,60
	серпень	23,0	+3,2	36,0	5,1	0,9	-57,1	0,12
	вересень	13,6	-0,8	35,5	4,1	65,6	+9,6	0,13
2016	травень	16,9	+1,0	28,0	1,1	89,5	+39,5	1,71
	червень	21,5	+3,0	33,5	6,1	59,1	+2,1	0,92
	липень	24,1	+3,1	38,0	10,1	37,5	-34,5	0,50
	серпень	22,8	+3,0	37,0	10,6	24,6	-33,4	0,42
	вересень	16,5	+2,0	32,0	2,1	6,3	-49,7	0,13
2017	травень	16,5	+0,6	30,0	-1	30,6	-19,4	0,59
	червень	21,9	+2,4	34,0	5,1	14,7	-42,3	0,22
	липень	22,5	+1,5	36,5	9,6	92,2	+20,2	1,32
	серпень	24,8	+5,0	36,0	11,6	3,7	-54,3	0,05
	вересень	18,1	+3,7	34,5	-0,4	36,1	-19,9	0,65
2018	травень	20,3	+4,4	32,0	5,6	27,7	-22,3	0,44
	червень	22,2	+2,7	35,0	6,6	31,8	-22,2	0,47
	липень	23,8	+2,8	33,5	10,6	47,9	-24,1	0,65
	серпень	26,0	+6,2	36,0	9,6	3,2	-54,8	0,04
	вересень	18,5	+4,1	35,6	3,6	50,4	-5,6	0,91
2019	травень	18,5	+2,6	32,5	7,6	130,7	+80,7	1,70
	червень	24,5	+5,0	35,6	10,6	62,7	+5,7	0,85
	липень	23,5	+3,7	34,0	9,1	56,3	-15,7	0,81
	серпень	22,0	+2,2	34,0	8,6	14,3	-43,7	0,21
	вересень	16,6	+2,2	33,0	-0,4	29,8	-26,2	0,59

Фенологічні спостереження, оцінка стійкості до хвороб, несприятливих чинників навколишнього середовища, аналіз структури продуктивності зразків проводили згідно з «Методичними вказівками польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи» [7] та беручи до уваги інформацію з «Класифікатора-довідника Zea Mays L.» [13]. Статистичний аналіз даних проводили за методикою польових досліджень Б. О. Доспехова [2]. Біохімічні дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками.

Клімат у зоні розташування Устимівської дослідної станції помірно континентальний, з нестійким зволоженням. Середньорічна температура повітря – 8,2 °С. Абсолютний максимум температури повітря 37,5 °С, абсолютний мінімум – мінус 36,0 °С. Суховії бувають 2–3 рази на рік. Кількість опадів варіює від 253,8 мм до 777,4 мм за рік. Весна, зазвичай, посушлива, основна кількість опадів випадає в літньо-осінній період. Водний режим ґрунтів забезпечується виключно сніговими та дощовими водами. Кліматичні умови вегетаційного періоду в роки вивчення (2014–2019 рр) різнилися за температурним режимом та вологозабезпеченістю, що дало змогу проаналізувати сорти на адаптивність до умов Полтавської області (табл. 1).

За роки проведення досліджень відмічено нерівномірність випадання опадів порівняно з середніми багаторічними даними. Особливо це спостерігалось у червні 2015 і травні 2017 років (випадало 150–200 % місячної норми) та серпні 2015 і 2017 років (випало 10 % місячної норми). Вегетаційний період 2018 року взагалі характеризувався недостатчею вологи (ГТК 0,04–0,91).

Температурні показники були стабільними по роках, але спостерігається тенденція підвищення середньомісячних температур порівняно із середньобагаторічними в основні фази онтогенезу рослин кукурудзи.

Результати досліджень та їх обговорення

З метою виділення джерел господарсько-цінних ознак та створення на їх основі вихідного матеріалу для селекції кукурудзи в Устимівській дослідній станції рослинництва спільно з Полтавською державною аграрною академією протягом 2014–2019 років проведено комплексне вивчення 300 місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи різних підвидів. Під час дослідження використовували як стародавні сорти з колекції УДСР так і інтродуковані. Зразки походять з 16 країн, зокрема: України – 90 шт., Молдови – 67 шт., Росії – 27 шт., Китаю – 21 шт., США – 29 шт., Іспанії – 10 шт., Болгарії – 10 шт. та інших.

При вивченні генетичної різноманітності кукурудзи основна увага в наших дослідках була зосереджена на таких показниках: тривалість вегетаційного періоду, продуктивність та її складники, стійкість до враження шкідниками та хворобами, до вилягання та ламкості стебла, до впливу стресових кліматичних чинників.

Статистичною обробкою отриманих даних встановлено наявність різноманіття сортів за рівнем середніх, мінімальних і максимальних значень та ступенів мінливості ознак у межах аналізованих вибірок (табл. 2).

2. Різноманітність ознак морфоструктури стародавніх, місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи в умовах Устимівської дослідної станції рослинництва, 2014–2019 рр.

Ознака	середнє	min	max	V, %
Продуктивність зерна з рослини, г	84,5	14,7	236	43,5
Довжина качана, см	15,1	21,0	6,0	18,5
Кількість зерен в ряду, шт.	31,3	13,3	46,0	17,3
Кількість рядів зерен, шт.	13,1	6,0	23,0	16,4
Кількість зерен на качані, шт.	416,5	102,7	715,3	24,2
Товщина качана, см	3,7	1,8	5,1	15,8
Маса 1000 зерен, г.	259,5	45,6	638,5	26,7
Вихід зерна, %	79,0	45,6	93,2	7,4
Кількість качанів на рослині, шт.	1,2	0,3	5,8	36,6
Висота рослини, см	188,3	77,3	295,0	16,2
Висота прикріплення качанів, см	53,3	17,0	143,3	32,4
Період сходи – цвітіння качанів, діб	62,1	36,0	93,7	17,3
Період сходи – повна стиглість, діб	107,3	73,0	132,0	8,0

Результати групового аналізу мінливості морфо-біологічних ознак та господарських показників зразків дали можливість встановити їх різноякісність за оцінюваними параметрами (див. табл. 2), що підтверджено середніми та високими показниками коефіцієнтів варіації (15,8–43,5 %) для більшості ознак, за виключенням виходу зерна, тривалості вегетаційного періоду ($V=7,4\text{--}8,0\%$). За даними біометричних вимірювань виявлено, що сорти кукурудзи цукрової значно відрізняються між собою за показниками висоти рослин та прикріплення качана. Середня варіабельність встановлена для товщини качана, висоти рослини – в межах 15,8–16,2 %. Показники мінімального та максимального прояву цих ознак засвідчують підвищене їх різноманіття. Ознаки продуктивності рослини та її складових елементів і висоти прикріплення качанів характеризувались більш високою мінливістю – $V=16,4\text{--}43,5\%$. Порогові мінімальні та максимальні значення цих ознак перебували на значному віддаленні, що вказує на наявність значного різноманіття зразків за цими показниками.

Більш повно розкриває потенційні можливості сортів різних підвидів кукурудзи вивчення їх за основними морфо-біологічними властивостями і виявлення серед них джерел господарсько-цінних ознак.

Тривалість вегетаційного періоду є однією з основних ознак для використання вихідного матеріалу в гетерозисній селекції. Вона є найбільш екологічно мінливою ознакою і обумовлена двома головними чинниками. З одного боку, це індивідуальні властивості (генотип) зразка, з іншого – умови, в яких він росте і розвивається (температура, вологість, родючість ґрунту та інше). При розподілі зразків по групах стиглості ми брали до уваги такі показники, як кількість діб від появи сходів до повної стиглості зерна, кількість листків на рослині, урахувавши суми ефективних температур згідно з довідником «Оптимальні умови росту та розвитку рослин кукурудзи», сформованим в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва [7]. За фенологічними спостереженнями та за кількістю листків на головному стеблі зразки розподілились на ранні (1,0 %), середньоранні (15,2 %), середні (55,8 %), середньопізні (18,7 %), пізні (7,7 %) та дуже пізньостиглі (1,6 %).

Виділений дуже ранньостиглий (70 діб від сходів до повної стиглості) зразок Alberta white flin (Канада). Зразок дуже низькорослий (86 см), довжина качана 6–10 см, кількість рядів зерен 8 шт., вага 1000 насінин 180 г. Цікавими для селекціонерів буде низка ранньостиглих та середньоранніх місцевих кременистих сортів походженням з Молдови та України, яким притаманна важлива ознака – швидка вологовіддача (UB0103916, UB0103891, UB0103873, UB0103874, UB0103884, UB0102477, UB0103879, UB0103883).

Група пізньостиглих та дуже пізньостиглих сортів представлена зразками з Мексики, США, Нігерії. Рослини цих зразків високі та дуже високі, з прикріпленням качанів до 2 м. Висота основного стебла варіює в межах 270–320 см. Кустистість сортів низька. На головному стеблі закладається до 4–5 качанів, але через великий інтервал між цвітінням мітелок та качанів формується 0,9–1,3 качана. Акліматизація до нових умов середовища відбувається завдяки перебудові комплексу фізіолого-біохімічних та морфоанатомічних ознак рослин. Внутрішньовидова мінливість у деяких сортів обмежена, тому вони не сформували повноцінне насіння Guertgo 200 (Мексика), 46, 506 (Буркіна-Фасо)). Сорти мали проміжний тип волоті, довгу (40–60 см), добре розгалужену мітелку (15–25 ґалузок), високу пилкоутворюючу здатність. Водночас у них відмічено від 10 % до 70 % безплідних рослин.

Урожайність є основною ознакою, що найбільш повно відтворює біологічні особливості зразка та його реакцію на умови вирощування. У наших дослідженнях стандартами для сортів зернової кукурудзи були гібриди, у яких середнє значення зернової продуктивності з однієї рослини при 14 % вологості за 2014–2019 роки варіювало таким чином: Харківський 195 МВ – 104,3–193,5 г, Харківський 295 МВ – 103,0–199,0 г, Харківський 313 МВ – 104,1–220,5 г. Для сортів цукрового підвиду стандартом був сорт – Білявка (81,6 г зерна з рослини). Показники зернової продуктивності як стандартів, так і всіх зразків 2017 року на 20–30 % нижча від середніх багаторічних, це пов'язано з тим, що урожай зерна формувався в умовах жорсткого стресу, спричиненого дією травневих приморозків та подальшої посухи. У роки вивчення по зерновій продуктивності однієї рослини (14 % вологості) стандарт Харківський 313 МВ не перевищив жоден сорт. Але на його рівні були зразки з Китаю: Китай 6–13, Китай 7–13. Варто відзначити сорти: Китай 4–13, Китай 5–13, Tcherni vrah 202, Pastrogor-Haskovo (BGR), ЗЖЗ 4 (UKR, Закарпатська обл.), Словатская желтая (SVK), Популяция АНР 14 (DEU), UB0103976 (RUS, Воронежська обл.), які були урожайніші за стандарт Харківський 295 МВ (середня група стиглості) на 5–10 %. Серед зразків цукрового підвиду виділено 12 сортів, у яких зернова продуктивністю була вища від стандарту на 5–13 % і стабільна по роках вивчення: Самая сладкая, Изюмная, Х 16, Русалочка, Ніка, Дракон, Тамара (UKR), Swiss ice Corn, Golden Bentam (USA), Детский

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

деликатес, Тройная сладость (RUS), V.Ge79 (ISR). У 64-х місцевих кременистих сортів з Молдови зернова продуктивність варіює в межах 40–80 г зерна з рослини, крім стародавніх сортів Чинквантіно васильково триуф, К 25, Молдаванка К 523, Чеклер К 35 у яких вона становить понад 130 г.

3. Характеристика кращих за продуктивністю зразків кукурудзи (2014–2019 роки)

№ з/п	№ Національного каталогу	Назва зразка та походження	Урожай зерна з рослини при 14% вологості, г	Довжина качана, см	Кількість, шт		Маса 1000 зерен, г	Висота рослин, см	Вегетаційний період, дб
					зерен на качані	рядів			
1	UB0108214	Китай 7-13, CHN	236,1	18	553	14	362	249	103
2	UB0108213	Китай 6-13, CHN	228,0	17	497	15	320	238	108
3	UB0103914	Чеклер К 35	213,0	20	602	14	290	210	110
4	UB0103930	Місцевий	209,4	18	444	12	276	192	113
5	UB0108433	Calico, USA	190,0	18	530	14	330	242	117
6	UB0108329	ЛЯО 2345, CHN	193,6	20	550	14	369	164	124
7	UB0100275	Популяція АНР 14, DEU	184,2	18	715	17	285	220	105
8	UB0108257	Місцевий, IRQ	180,0	19	700	18	317	265	108
9	UB0108452	Ляобе 371, CHN	169,8	17	520	14	308,0	223	122
	UB0108449	Місцевий, UKR	164,0	18	500	13	270	174	113
10	UB0111400	Freed White, USA	159,5	21	706	16	300	234	122
11	UB0102569	Словатская желтая, SVK	152,0	20	550	13	340	214	109
12	UB0108932	Zvanarci 155, BGR	151,8	18	590	15		219	106
13	UB0108455	Місцевий, UKR	150,0	18	450	12	365	210	110
14	UB0108966	Tcherni vrah 202, BGR	140,0	19	590	14	330	221	110
15	UB0105926	Pastrogor-Haskovo, BGR	130,0	17	550	14	302	208	103
16	Pup Ap Gold	122,3	73,0	15	370	12	173	218	118
17	UB0108441	Кукуруза вишневая, CAN	102,5	18	520	14	157	188	115
18	UB0111415	Самая сладкая	100,0	15	480	15	210	185	109
19	UB0107987	Тройная сладость, RUS	91,3	14	340	12	233	152	105
20	UB0104055	Міраж, UKR	90,4	12	400	12	200	108	124

Найважливішими елементами структури врожаю для кукурудзи є: довжина качана, його діаметр, кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду, маса 1000 зерен.

Аналіз елементів структури індивідуальної продуктивності серед цукрового підвиду виявив сорти з масою качана 120–180 г: Ароматна (UKR), Сладкое детство, Лакомка Белогорья (RUS). До групи з масою качана 90–110 г, що є достатнім рівнем для цукрової кукурудзи, віднесено 10 сортів. Решта цукрових зразків мала низьку та дуже низьку масу качана.

Розподіл ліній по довжині качана установив, що у 49,7 % зразків качани були середні за розміром (15–18 см), 8,8 % довгокачанних (понад 19 см). Найбільш цінними є останні, до яких зокрема належать Місцеві (UB0111242, UB0108451, UB0104038), Королева, ЗЖЗ 4 (UKR), Z 03-004, Smuth nose, Freed White (USA), Місцевий UB0103976 (RUS), Словатская желтая (SVK), ЛЯО 2345, Китай 3-13, Популяція 335-07 (CHN), Pesel Igiowaku burag ji (POL), Fettmais (DEU), Tcherni vrah 202 (BGR) та інші.

За ознакою кількості рядів зерен на качані вигідно вирізнялися сорти Рисова біла (UKR), Baby White Rice Pop Corn, Rick and Pop Corn (USA), UB0108257 (IRQ), Radovez-Haskovo (BGR) Популяція АНР 14 (DEU), Місцевий (UB0101419) (ESP), Ornamental pop. corn (CAN), котрі мали 17–23 ряди.

Ознака кількості зерен на качані є однією з основних, адже вона забезпечує індивідуальну продуктивність рослини. Дуже високою озерненістю качана (понад 700 шт.) характеризувались лише 3 сорти: Freed White (USA), Місцевий UB0108257 (IRQ), Популяція АНР 14 (DEU), що становить всього 1 % від загальної кількості. Значна кількість оцінених зразків 21,2 % мала відносно високу озерненість качана (500–700 шт.). У 31,4 % сортів кількість зерен на качані 400–500 шт.

Для технологічної переробки зерна кукурудзи важливою ознакою є товщина качана, або його діаметр у середній частині. Особливо для сортів цукрової кукурудзи ця ознака важлива, адже зразки з товстим качаном мають підвищену здатність утримувати вологу й більш ефективно використовувати її для формування зерна, що забезпечує посухостійкість таких форм. Проведене вивчення набору зразків дало змогу розподілити колекційний матеріал за цим показником. До групи з діаметром качана 4,1–5,5 см (32,0 % від загальної кількості зразків) належать більшість зразків цукрового підвиду. Зокрема сорти Міраж, Самая сладкая (UKR), Хлебний дар V.Ge79 (ISR) формували качани діаметром 4,10–4,60 см. Виділено такі зубоподібні сорти, як Популяція Рейд 09, Китай 3–13 (CHN), Місцевий UB0108257 (IRQ), Pesel Igiowaku burag ji (POL), в яких діаметр качана варіював від 4,80 до 5,40 см. Усі сорти розлусного підвиду завдяки короткому зерну й тонкому стрижню мали тонкі качани, діаметр яких не перевищував 3,5 см. Решта 63,1 % сортів віднесено до групи з середнім діаметром качана (3,1–4 см). Це загалом місцеві кременисті сорти кукурудзи, зібрані на території Молдови, України, Росії, Іспанії та ін.

Важливим елементом у структурі продуктивності є маса 1000 зерен. Виявлено 91 зразок з масою 1000 зерен понад 300 г. Кращі з них: X 13 та Місцевий UB0108446 (UKR), Популяція Рейд 09 (CHN), Місцевий UB0100268 (ROM). Виявлено, що сорти X 12/1, Белий аист (UKR), Молдаванка жовта, Чеклер 53 (MDA), Польская кукуруза (SVK), Местная 9140 (CZE), ЛЯО 2345 (CHN), Gallago (ESP), OhS 12(C1) (USA), Tcherni vrah 202 (BGR) забезпечували високу конкурентноздатність генотипів через підвищення маси 1000 зерен у найбільш сприятливих умовах вирощування. Потрібно відмітити крупнозерний зразок UB0108154, походженням з Грузії, маса 1000 зерен у якого склала 660 г. Сорт має широке та довге зерно. Але урожай зерна з рослини з вологістю 14 % у нього низький. Сорти цукрової та всі сорти розлусної кукурудзи віднесено до дрібнонасіненних форм (100–200 г). Характер формування крупності насіння у цих сортів зумовлений специфічністю генотипових особливостей накопичення вуглеводів в ендоспермі зерна цих підвидів кукурудзи та довготривалістю добору при їх створенні, який був спрямований на підвищення технологічних і смакових якостей, а не на збільшення врожайності.

Багатокачанність кукурудзи є цінною ознакою для селекціонерів, як генетичний резерв високих урожаїв зерна та кормової цінності силосу. Ще В. Е. Козубенко одним з перших відмітив перевагу багатокачанних гібридів перед однокачанними. Багатокачанні гібриди краще витримують посуху завдяки меншій кількості безплідних рослин. За цим показником виділено 36 багатокачанних сортів та популяцій: ЗЖЗ 4, X 15 (UKR), Biceri 131 (BGR), Молдаванка К 523, Чеклер К 35, Молдаванка К 380, Чинквантино К 462 (MDA), Местная 4396, Gallago (ESP), Ornamental pop. corn (CAN), Костичевская, Золотой початок (RUS), Мініатюрная голубая (USA), Китай 7-13 (CHN) та інші.

Висота рослин і висота прикріплення качанів поряд з іншими компонентами структури впливають на продуктивність сортів та визначають їх придатність до механізованого збирання. У наших дослідженнях генотипи з висотою рослин 200–295 см, високим прикріпленням качана (понад 50 см), що відповідає вимогам механізованого збирання та з незначним пошкодженням кукурудзяним метели-

ком становлять 31,6 %. Зокрема це X 14X, 12/1(UKR), Fettmais (DEU), Місцевий UB0104039 (RUS), Чинкв. тонкостерж. К 603 (MDA), Популяція АНР 14(DEU), Польская кукуруза (SVK) Greme Pulf Corn (USA), Популяція 335-09 (CHN) та інші.

Інтенсивність росту рослин залежала від погодних умов. Найвищою вона була 2015, 2019 років (2,5–4,2 см/добу), а найнижчою 2017 (1,3–2,3 см/добу). За різних умов стабільно високу інтенсивність росту (понад 3,5 см/добу) мали 24 сорти: Місцевий UB0111242 (UKR), Freed White (USA), Янтарний острів, Снежная лавина (RUS), Молдаванка ж. К 569, Чеклер К 22, Молдаванка северная К 617, Молдаванка К 612 (MDA), Madison helaw deev fild (USA) та ін.

Інтенсивність накопичення сухих речовин у зерні більшості зразків була середньою (2–5 г/добу). Кращі за цим показником (понад 5 г/добу): Чеклер К 35 (MDA), Популяція АНР 14 (DEU), Словатская желтая, Середньостигла (SVK), С 8605-2, ШЕН 5003, ЛЯО 2345 (CHN), Madison helaw deev fild (USA).

Значна частина вивчених місцевих та селекційних сортів і популяцій кукурудзи були однотипними за морфологічними та біологічними ознаками, мали низьку продуктивність. Особливо це стосується сортів, зібраних в одній місцевості. Але одночасно вони мають такі унікальні ознаки адаптивності, як холодо та посухостійкість, високі показники біохімічної якості зерна та інше.

Основний біохімічний показник, який характеризує якість зерна кукурудзи, призначеного для використання в переробній промисловості, це крохмаль.

Найвищий вміст крохмалю (70,0–74,7 %) серед зразків, що вивчали, виявлено у місцевих сортів: UB0104028, UB0103817, UB0103797 (UKR), UB0104291 (SVK), UB0106562 (IND), Zonglollo (USA), Kosara 194 (BGR).

Вміст білка в зерні варіював у межах 7–15 %. Більшість сортів віднесено до групи з середнім значенням цієї ознаки (10,0–12,4 %). Ми виділили сорти з підвищеним вмістом білка та стабільним проявом цієї ознаки в роки вивчення: Tcherni vrah 202 – 14,1–15,0 % (BGR), Місцева К 101 – 13,7–14,9 %, Чинквантино тонкострежневий (MDA), X 12/4 (UKR) – 14,0–14,4 %, UB0104048, Маркушевська, UB0104033 (RUS) – 12,9–13,2 %, Cuzco 251 (MEX), Місцевий (UB0104037), Столовая (RUS) – 12,0–12,9 %.

Довжина і ширина листків та їх розміщення на рослині зумовлюють розмір фотосинтетичної поверхні. Довгий лист (понад 70 см) мали 39 сортів: ШЕН 5003 (CHN), Місцевий UB0103985 (CAN), українські місцеві сорти UB0103948, UB0103952, UB0103958 та інші. За шириною листової пластинки (понад 9 см) виділено 27 сортів: місцеві UB0103953, UB0103952 (UKR), UB0103985 (CAN), Місцевий 4401 (ITA), селекційні сорти Smuht nose flint (CAN), TZEI 16, Guerrero 200, Golden glow (USA) Оскар (ITA) та інші.

Виділено зразки з еректроїдним розміщенням листової пластини: Суміш (MDA), Популяція 335-07, Шень 902 (CHN), TAIL P1 (MEX) та інші.

На фоні природної посухи (серпень – вересень) окомірно визначена реакція зразків на цей фактор. Оцінку стану рослин проводили по 9-ти бальній шкалі, де: 9 – стан дуже добрий, 7– добрий, 5 – середній, 3– поганий, 1 – дуже поганий.

До зразків з дуже високою посухостійкістю (9 балів) віднесено: Ariesan cimpia furzit (ROM), ЛЯОБЕ 371, ШЕН 5003, С 8605-2, Рейд 09, Китай 3-13, Китай 7-13 (CHN), Суміш (MDA), Pride of the nord ((USA), Monte karlo, (CAN), Місцевий UB010217 (ESP), Cuzco 251 (MEX), та інші.

Ремонтантність виявлено у зразків: Cuzco 251 (MEX), Суміш, Місцева UB0103924 (MDA).

Загальновідомо, що для успішного впровадження цінного вихідного матеріалу в селекційний процес потрібно орієнтуватися на стабільні показники кількісних ознак та їх поєднання. За результатами проведених досліджень для залучення в селекційний процес можна рекомендувати зразки, які поєднують цінні господарські ознаки:

- високу та стабільну зернову продуктивність з рослини, довгий качан, високу кількість качанів на рослині, посухостійкість, стійкість до вилягання, поникання качанів: TAIL P1 (MEX), ЛЯО 2345, С 8605-2 (CHN), Rick and Pop Corn, Z 03-004, Freed White Calico (USA), Оскар (ITA), Pup Ap Gold (ARG);

- високу зернову продуктивність, озерненість качана, кількість качанів на рослині, масу 1000 зерен: Swiss ice Corn (USA), Молдаванка К 523, Чеклер К 35 (MDA) Китай 7-13, Китай 6-13, Китай 1-13 (CHN), Gallago, Місцевий UB0101419 (ESP), UB0102411 (RUS);

- високу зернову продуктивність, довгокачанність, озерненість та масу 1000 зерен: Королева (UKR), UB0103976, UB0104038 (RUS), Чинквантино Васильково триухваци К 25 (MDA), Китай 3-13, Китай 4-13 (CHN), Pastrogor-Haskovo, Tcherni vrah 202, Zvanarci 155 (BGR), 776-1 (PRK);

- високий вміст білка, підвищену продуктивність та озерненість: Cuzco 251 (MEX);

- висока стійкість до комплексу хвороб (фузаріоз, біль, бактеріоз): Бессарабка (MDA);
- посухостійкість, довгокачанність, крупнозерність, високу озерненість качана: ЗК 235/16 (UKR), (Tcherni vrah 202 (BGR);
- високу продуктивність, підвищений рівень білка: Місцевий UB0103816 (UKR), Longlelllov (USA), Місцевий UB0103864 (MDA);
- підвищену продуктивність, озерненість, кількість рядів зерен, масу 1000 зерен, високий вміст крохмалю: місцеві сорти UB0108455, UB0103817, UB0103797 (UKR), UB0106562 (IND), Zonglelllov (USA), Kosara 194 (BGR);
- ранньостиглість, високу продуктивність у технічній стиглості та зернову продуктивність, високу озерненість качана: Міраж, Тройная сладость (UKR), Золотой початок (RUS), V.Ge79 (ISR);
- з жаростійкістю та високою озерненістю качана: Bicerai, Vladimirovo 250 (BGR).

Висновки

Отже, в результаті вивчення та порівняльної оцінки різноманітного за еколого-географічним походженням колекційного матеріалу було виділено цінні зразки, що є джерелами важливих ознак для залучення в селекційний процес з метою створення ліній та гібридів різних напрямів використання.

Виділено низку сортів та популяцій, котрі мають комплекс господарсько- та селекційно-цінних ознак для забезпечення різноманітних потреб селекціонерів.

За результатами вивчення цієї колекції генофонду кукурудзи створено «Каталог генетичного різноманіття стародавніх, місцевих, селекційних сортів та популяцій кукурудзи (*Zea Mays* L.) колекції Устимівської дослідної станції рослинництва».

Зібраний у колекції генофонд паспортизовано, для чого використано уніфіковану базу паспортних даних НЦГРУ, котра включає основні ознаки. Проведена робота із систематизації і групування зразків за походженням, методів створення ботанічної таксономії, груп цінності (за класифікатором). Кожен зразок забезпечений наявністю кондиційного насіння. Більшість зразків насіння закладена на довгострокове зберігання. Кожному зразку присвоєно номер Національного каталогу України.

Reference

1. Doebley, J. F., Goodman, M., & Stuber, C. W. (1986). Exceptional genetic divergence of northern flint corn. *American Journal of Botany*, 73 (1), 64–69. doi: 10.1002/j.1537-2197.1986.tb09681.x.
2. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
3. Hurieva, I. A., & Riabchun, V. K. (2007). *Henetychni resursy kukurudzy v Ukraini*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].
4. Hurieva, I. A., Vakulenko, S. M., & Kolomatska, V. P. (2001). Henetychni resursy kukurudzy, rezultaty ta perspektyvy vyvchennia. *Naukovi osnovy stabilizatsii vyrobnytstva produktsii roslynnytstva: materialy Materialy mizhnarodnoi konferentsii, prysviachenoї 90-richchiu vid dnia zasnuvannia Instytutu roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].
5. Hurieva, I. A., & Kuzmyshyna, N. V. (2004). Problemy introduksii, systematyzatsii ta zberezhennia kolektsiinykh zrazkiv kukurudzy. *Henetychni Resursy Roslyn*, 1, 32–41 [In Ukrainian].
6. Hurieva, I. A., & Kuzmyshyna, N. V. (2004). Tsinnii vykhidnyi material dlia selektsii samozapylenykh liniy kukurudzy. *Fakty Eksperymentalnoi Evoliutsii Orhanizmiv*, 341–344 [In Ukrainian].
7. Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., Litun, P. P., Stepanova, V. P., Vakulenko, S. M., Kuzmyshyna, N. V., Kolomatska, V. P., & Belkin, O. O. (2003). *Metodychni rekomendatsii polovoho ta laboratornoho vyvchennia henetychnykh resursiv kukurudzy*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].
8. Kharchenko, Yu. V., & Kharchenko, L. Ya. (2018). Collection of the Ustymivka Experimental Station as a source of original material for maize breeding with improved biochemical indices of corn. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (1), 81–88. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126514.
9. Kharchenko, Yu. V., & Kharchenko, L. Ya. (2013). Neohrafichni i botanichni sklad ta selek-tsiina tsinnist kolektsii kukurudzy Ustymivskoi doslidnoi stantsii. *Henetychni Resursy Roslyn*, 10/11, 91–99 [In Ukrainian].
10. Kharchenko, Yu. V., Kharchenko, L. Ya., & Klimova, O. Ye. (2016). Biologichna i hospodarska otsinka novykh zrazkiv tsukrovoi kukurudzy na Ustymivskii doslidnii stantsii roslynnytstva. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1–2, 25–29. doi: 10.31210/visnyk2016.1-2.05 [In Ukrainian].
11. Kharchenko, Yu. V., Kuzmyshyna, N. V., & Kharchenko, L. Ia. (2011). Zberezhennia mistsevykh ta

starodavnikh sortiv kukurudzy na Ustymivskii doslidnii stantsii roslynnystva. *Henetychni Resursy Roslyn*, 9, 112–121 [In Ukrainian].

12. Kirichenko, V. V. (Ed.). (2007). *Identification of the characteristics of corn (Zea mays L.)*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].

13. *Klasyfikator-dovidnyk vydu Zea mays L.* [Reference Classification Zea mays L.]. (1994). Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].

14. Kozubenko, V. E. (1957). Napravleniya i metody selektsii kukuruzyi. *Voprosy metodiki selektsii pshenitsy i kukuruzyi*. Khar'kov: N. p. [In Russian].

15. Kuzmyshyna, N. V., Riabchun, V. K., Vakulenko, S. M., Ilchenko, N. K., Holovchanska, I. O., Tertyshna, N. V., & Akulova, M. A. (2014). Otsinka novykh kolektsiinykh zrazkiv kukurudzy za biokhimichnymi pokaznykamy zerna. *Henetychni Resursy Roslyn*, 14, 42–49 [In Ukrainian].

16. Romanova, O. I., Kurceva, A. F., Matveeva, G. V., & Malinovskij, B. N. (2007). Genofond prosa, grechihi, sorgo i kukuruzy v razvitii biologicheskoy nauki i selektsii na krupyanye kachestva. *Trudy po Prikladnoj Botanike, Genetike i Selekcii*, (Vol. 164). Sankt-Peterburg: N. p. [In Russian].

17. Shmaraev, G. E., & Mel'nik, V. S. (1985). Iskhodnyj material kukuruzy dlya selektsii vysokoproduktivnykh gibridov zernovogo i silosnogo ispol'zovaniya. *Nauchno-Tekhnicheskij Byulleten'*, 156, 112–118 [In Russian].

18. Sylenko, O. S. (2011). Proiav heterozysu za biokhimichnymi pokaznykamy u hibrydnykh kombinatsii kukurudzy v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 55–58 [In Ukrainian].

19. Tymchuk, S. M. (2001). Seleksiia hibrydiv kukurudzy kharchovoho ta tekhnolohichnoho pryznachennia. *Naukovi osnovy stabilizatsii vyrobnystva produktsii roslynnystva: materialy Materialy mizhnarodnoi konferentsii, prysviachenoi 90-richchiu vid dnia zasnuvannia Instytutu roslynnystva im. V. Ya. Yurieva*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian].

20. Volkova, N. E. (2015). *Molekuliarno-henetychni doslidzhennia yadernoho henomu kukurudzy*. Odesa: Ahrosprynt [In Ukrainian].

21. Yasnolob, I. O., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Shvedenko, P. Yu., Protas, N. M., & Tereshchenko, I. O. (2017). Intellectual Rent in the Context of the Ecological, Social, and Economic Development of the Agrarian Sector of Economics. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 7 (23), 1442–1450. doi: 10.14505/jemt.v8.7(23).13.

22. Yasnolob, I. O., Chayka, T. O., Galych, O. A., Kolodii, O. S., Moroz, S. E., Protsiuk, N. Yu., Lotych, I. I. (2019). Stimulating the increasing of natural soil fertility: economic and environmental aspects. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3), 267–271.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Харченко Ю. В., Харченко Л. Я., Куценко О. М., Ляшенко В. В. Селекційна цінність сортового різноманіття кукурудзи колекції Устимівської дослідної станції рослинництва. Вісник ПДАА. 2020. № 1. С. 33–43.

© Харченко Юрій Вікторович, Харченко Любов Яківна,
Куценко Олександр Михайлович, Ляшенко Віктор Васильович, 2020



original article | UDC 632: 595.7 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.04

REPRODUCTIVE AND SPATIAL CHARACTERISTICS OF MAY BEETLES' POPULATIONS
(SCARABAEIDAE, MELOLONTHINAE) IMPORTANT FOR THE OPTIMIZATION OF COMMON
PINE PROTECTION

E. V. Korenchuk

V. F. Drozda

A. V. Fokin*

ORCID  [0000-0002-6872-0421](https://orcid.org/0000-0002-6872-0421)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 16, Polkovnyka Potiekhina, Kyiv, 03127, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: dr_andreyfok@ukr.net

In recent years, there has been an increase in populations of May beetles. This is closely related to the risks of functioning nursery gardens and young pine crops. In order to optimize protection technology, it is necessary to have a clear understanding of the peculiarities of the phytophages' bio-ecology (*Melolontha melolontha* L., *Melolontha hippocastani* F., *Polyphylla fullo* L., *Anoxia pilosa* F., *Amphimallon volgensis* Fisch.), in particular as to the formation of the reproductive potential of May beetle females, the dynamics of their oviposition, egg viability, layer localization of eggs, larvae and diapause pupae in soils. That is why their research was the purpose of the work. The study was conducted under typical conditions of the central Forest-Steppe. To determine the forage value of leaves of woody crops, females were placed in screen gardens with leaves of common oak, white poplar, drooping birch, apple trees, inflorescences of common pine. Determining the depth of eggs, larvae and pupae location was performed in layers: digging out at 0–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–75, 76–90, 91, 91–130, 131–150 cm in areas of 0.25 m². There were 50 calculation points. It has been established that oak leaves is the optimal substrate as to female fertility, and the females, which were fed with pine inflorescences are also characterized by significant reproductive potential. The dynamics of oviposition has been established. The first period lasts 5–7 days. During this period females lay from 17.8 to 29.4 % of eggs. Physiologically complete eggs of the female are laid in the period of mass oviposition, which lasts 12–14 days. During the third oviposition period of 4–7 days, females lay a significant number of physiologically defective eggs. Larvae born from eggs laid during the period of mass oviposition are the greatest threat to plantings. Depending on the depth of location, the greatest viability is shown by eggs laid in a layer up to 30 cm; in general, in the surface layers of 10 cm) and 31–40 cm eggs are most vulnerable to the influence of abiotic and biotic regulators. The distribution of larvae in the soil shows that in May the depth of 10–30 cm is the most technological for applying bio-preparations— up to 75 % of larvae are concentrated in this layer; in June – July the most appropriate application depth is up to 20 cm; at the beginning of August, it is advisable to apply preparations at a depth of 20–40 cm – the concentration of larvae is up to 88 % here; at the end of August and throughout September larvae are found in layers up to 30 cm – 60–88 %, at the end of September and in October–November the main number of larvae, up to 85 %, focuses at the wintering depth of 50–75 cm, i.e. the introduction of preparations at this depth is technologically unjustified. It has been shown that only 11.8 % of pupae population is concentrated at a depth of up to 7 cm. Their death rate for the period of spring reactivation is 65.2%. The following soil layers of 8–15, 16–24, and 25–35 cm contained 80.6 % of pupae. Their death rate was 14.3–15.4 %. In general, the viable part of May beetle populations is 84.6–85.7 %, which is a real threat to plantings.

Key words: females, trophy, oviposition dynamics, egg viability, layer localization of eggs, larvae and diapause pupae in the soil.

РЕПРОДУКТИВНІ ТА ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПУЛЯЦІЙ ХРУЩІВ (SCARABAEIDAE, MELOLONTHINAE), ВАЖЛИВІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Є. В. Коренчук, В. Ф. Дрозда, А. В. Фокін,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Останніми роками відбувається збільшення популяцій травневих хрущів. Це тісно пов'язано з ризиками функціонування розсадників та молодих культур сосни. Для оптимізації технології захисту необхідно мати чітке уявлення про особливості біоекології фітофагів (*Melolontha melolontha* L., *Melolontha hippocastani* F., *Polyphylla fullo* L., *Anoxia pilosa* F., *Amphimallon volgensis* Fisch.), зокрема щодо формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміки їх яйцекладки, життєздатності яєць, поширової локалізації яєць, личинок та діapaузуючих лялечок у ґрунті. Тому саме їх дослідження і було метою роботи. Дослідження проводили в типових умовах центрального Лісостепу. Для визначення кормової цінності листя деревних культур самиць розташовували в сітчастих садках з листям дубу черешчатого, тополі білої, берези повислої, яблуні, суцвіття сосни звичайної. З метою визначення глибини залягання яєць, личинок та лялечок проводили поширово: 0–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–75, 76–90, 91, 91–130, 131–150 см розкопки на ділянках 0,25 м². Кількість точок обліку 50. Встановлено, що за плодючістю самиць листя дубу черешчатого є оптимальним субстратом, самиці ж, які живились суцвіттям сосни звичайної також характеризуються значним репродуктивним потенціалом. Встановлено динаміку яйцекладки. Перший період триває 5–7 днів. Самиці в цей період відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць. Фізіологічно повноцінні яйця самиці відкладають у період масової яйцекладки, яка триває 12–14 днів. Третій період яйцекладки 4–7 днів – самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, що відродились з яєць, відкладених у період масової яйцекладки. Залежно від глибини розташування, найбільшу життєздатність мають яйця, відкладені в шарі до 30 см, загалом, у поверхневому шарі (10 см) та шарі (31–40 см) яйця найбільш уразливі до впливу абіотичних та біотичних регуляторів. Розподіл личинок у ґрунті показує, що у травні найбільш технологічною для внесення біопрепаратів є глибина 10–30 см – в цьому шарі концентрується до 75 % личинок; у червні – липні до 20 см; на початку серпня вносити препарати доцільно на глибину 20–40 см – концентрація личинок становить до 88 %; наприкінці серпня та протягом усього вересня личинки тримаються у шарах до 30 см – 60–88 %, наприкінці вересня та у жовтні–листопаді основна кількість личинок – до 85 % зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см, тобто внесення препаратів на цю глибину технологічно невиправдане. Показано, що на глибині до 7 см концентрувалося тільки 11,8 % популяції лялечок. Рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2%. Наступні прошарки ґрунту 8–15, 16–24 та 25–35 см містили 80,6 % лялечок. Рівень їх загибелі 14,3–15,4 %. Загалом, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6–85,7 %, яка і є реальною загрозою насадженням.

Ключові слова: самиці, трофіка, динаміки яйцекладки, життєздатність яєць, поширова локалізація яєць, личинок та діapaузуючих лялечок у ґрунті.

РЕПРОДУКТИВНЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПУЛЯЦИЙ ХРУЩЕЙ (SCARABAEIDAE, MELOLONTHINAE), ВАЖНЫЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Е. В. Коренчук, В. Ф. Дрозда, А. В. Фокин,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Представлены результаты изучения репродуктивных и пространственных характеристик популяций комплекса хрущей (*Melolontha melolontha* L., *Melolontha hippocastani* F., *Polyphylla fullo* L., *Anoxia pilosa* F., *Amphimallon volgensis* Fisch.). Установлено, что листья дуба черешчатого являются оптимальным субстратом для питания самок; динамика яйцекладки характеризуется тремя периодами, наиболее физиологически полноценные яйца (до 30 % от общего количества яиц) отк-

ладываются в период массовой яйцекладки, длительностью 5–7 дней; наиболее жизнеспособными являются яйца, отложенные на глубине 11–30 см; распределение личинок – в мае на глубине 10–30 см концентрируется до 75 %, в начале августа на глубине 20–40 см находится 88 % личинок, в конце сентября до 85 % личинок концентрируется на глубине зимовки 50–75 см; более 80 % куколок размещалось на глубине 8–35 см. Жизнеспособная часть популяции хрущей составляет 84,6–85,7 % и является реальной угрозой насаждениям.

Ключевые слова: самки, трофика, динамика яйцекладки, жизнеспособность яиц, послыйная локализация яиц, личинок и диапаузирующих куколок в почве.

Вступ

Рациональні технології захисту рослин взагалі й лісостанів зокрема потребують вичерпної інформації з біології та екології домінуючих видів фітофагів. Така інформація висвітлює критичні періоди в онтогенезі фітофагів, їх реакцію до дії різноманітних стресових факторів біологічного та антропогенного походження. Зважаючи ці фактори, можливо перейти від наявної винищувальної стратегії часто з високою господарською ефективністю, але з не передбачуваними наслідками, до реалізації сучасних екологічно-безпечних технологій. Однією з особливостей останніх є врахування природних регуляторних чинників: від очевидних – популяцій ентомофагів, та ентомопатогенів до неочевидних – біоценотичних, що інтегрують процеси стійкості екосистем. Сказане має безпосереднє відношення до проблем розсадників. Відомо, основна загроза функціонуванню розсадників та молодих культур сосни надходить від комплексу ґрунтових фітофагів, з яких найбільш проблемними є хрущі. Їхні личинки становлять перешкоду для отримання необхідних стандартних саджанців. Тому дослідження особливостей формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміки їхньої яйцекладки, життєздатність яєць, поширової локалізації яєць, личинок та діапаузуючих лялечок у ґрунті є актуальними.

У ретроспективі спектр проведених досліджень, що стосуються біології західного та східного травневих, мармурового, червненого та волохатого хрущів досить значний. З найбільш важливих робіт минуло сторіччя варто відмітити праці З. Головянко [6], В. Березіної [2], П. Трошаніна [13], М. Гілярова [4], присвячені трофіці травневих хрущів, їх популяційній структурі і розподілу у стаціях лісових біоценозів, особливостям застосування засобів регулювання чисельності, пов'язаних з екологічними аспектами міжвидових та міжпопуляційних взаємовідносин. Монографічна робота З. Головянко [5] по мармуровому хрущу залишається єдиним у світовій літературі зведенням з біології та екології цього виду. Варто вказати й на фундаментальну працю С. Медведєва [11, 12], яка містить великий обсяг інформації щодо біології та екології пластинчастовусих фітофагів. Окремо потрібно взяти до уваги роботу Я. П. Циновського [14], яка за масштабністю проведених досліджень з фенології та фізіології західного та травневого хрущів, що дають змогу побудувати прогнозні тренди заляльковування їх личинок, не має аналогів, ані у світовій, ані у вітчизняній літературі. Важливими висновками з цієї роботи стало чітке визначення глибини зимівлі личинок різного віку та заляльковування. Автор встановив, що личинки західного травневого жука зимують на глибині: перший вік – 16–35 см, другий вік – 11–50 см, третій вік – 16–75 см, а заляльковується на глибині 6–45 см. Для східного травневого хруща: личинки першого віку – 11–40 см, другого – 11–50 см, третього – 5–107 см, заляльковування відбувається на глибині 10–50 см. Тобто істотна різниця стосується лише зимівлі личинки третього віку східного хруща – вони зимують значно глибше ніж личинки західного.

Останніми роками істотно зросла кількість повідомлень про спалахи масового розмноження комах-фітофагів у лісових екосистемах. Не є виключенням і пластинчастовусі – відбувається відчутне збільшення популяцій травневих хрущів у таких країнах: Німеччина (Гессен, Баварія), Австрія, Італія (райони Трентіно, Південний Тіроль) [15, 20–23], насамперед унаслідок зменшення антропогенного навантаження, тому новітні дослідження екології пластинчастовусих тісно пов'язані з питаннями популяційної динаміки. Відомо три стратегічних підходи до опису змін чисельності популяцій лісових комах: перший – базується на аналізі чисельності популяцій, враховуючи впливи різних екологічних факторів (кліматичних, ландшафтно-екологічних тощо); другий – полягає у встановленні взаємовідносин між комахами на міжпопуляційному рівні залежно від трофічної бази та природних регуляторів чисельності (хижаки, паразитоїди) [10]; третій – ґрунтується на використанні методу фазових портретів і виявленні параметрів, що віддзеркалюють взаємозв'язки в системі лісового біоценозу, при цьому досліджуються не окремі форми регуляції чисельності, а регуляторні механізми всієї екологічної системи [9]. Останніми дослідженнями спростовано гіпотезу щодо максимального навантаження на рос-

лини фітофагами (щільність на одиницю маси рослини) на ділянках монокультури, без інших рослин. Встановлено, що фітофаги, дійсно, частіше трапляються на ділянках з основною кормовою рослиною, але при цьому спостерігається сильна від'ємна кореляція між навантаженням на рослини і їхньою кількістю, тобто спостерігається ефект розведення, а не ефект концентрації. Збільшення видового різноманіття рослин дає порівняно слабкий від'ємний ефект на навантаження [18]. Встановлено, що основною ланкою трофічного ланцюга є рослина, яка визначає як джерело живлення певної якості фізіологічний стан і життєздатність наступної ланки – комах-фітофагів, своєю чергою рівень резистентності комах, що залежить від їхньої життєздатності, визначає чутливість фітофага до патогенів і паразитоїдів [1, 16–17, 19]. З іншого боку, властивості бур'янів як екологічної групи вторинних місцеперебувань, нерозривно пов'язані з умовами їхнього існування в порушуваних (антропогенні зміни) місцях [3] і безпосередньо впливають на чисельність ентомофагів.

Водночас поза увагою дослідників залишилися такі важливі елементи екології хрущів, як формування репродуктивного потенціалу, а проблема просторового розподілу преімагінальних стадій потребує перегляду й уточнення порівняльно до досліджень, проведених у 40–50-х роках минулого століття, насамперед, через істотні кліматичні зміни та відмінності для ґрунтів різних типів.

Мета роботи полягала в дослідженні репродуктивної та просторової характеристики популяцій комплексу хрущів (західний *Melolontha melolontha* L. і східний *Melolontha hippocastani* F. травневі хрущі, мармуровий *Polyphylla fullo* L., сірий волохатий *Anoxia pilosa* F. та звичайний червневий *Amphimallon volgensis* Fisch.), важливі для оптимізації екологічно безпечних методів контролю їх чисельності в розсадниках сосни звичайної: формування репродуктивного потенціалу самиць, динаміки їх яйцекладки, життєздатність яєць, поширення локалізації яєць, личинок та діапаузуючих лялечок у ґрунті.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в типових умовах центрального Лісостепу 2016–2018 років у Богуславському лісництві Богуславського району Київської області.

Дослід з визначення кормової цінності листя деревних культур передбачав варіанти – листя дуба черешчатого (*Quercus robur* Z.), тополі білої (*Populus alba*), берези повислої (*Betula pendula*), яблуні, суцвіття сосни звичайної (*Pinus silvestris* Z.). Для цього самиць, зразу після відродження та спаровування відбирали та розташовували у дерев'яні сітчасті садки, де розташовували букети гілок з повноцінним листям у місткостях з водою. Кожні три доби букети змінювали на свіжі. Особливістю цих досліджень було те, що в кожному садку на дні розташовували шар рихлодернини товщиною не менше 12–15 см, куди самиці відкладали яйця.

З метою визначення глибини залягання яєць, личинок різного віку та лялечок пластинчастовусих фітофагів 2016–2018 рр. проводили ґрунтові розкопки. Обстеження ґрунтової ентомофауни здійснювали за класичними методиками шляхом накладання на площу розсадника сітки й на визначених ділянках у шаховому порядку проводили розкопки. Площа облікових ділянок 0,25 м². Глибина облікових ям 60–150 см. Кількість точок обліку 50. Розкопки проводили пошарово: 0–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–75, 76–90, 91, 91–130, 131–150 см [7–8].

Результати досліджень та їх обговорення

Репродуктивні характеристики

Формування репродуктивного потенціалу самиць. Вважається цілком закономірним, що основна загроза високого рівня шкідливості належить личинкам хрущів. Водночас у період масового льоту імаго спостерігається значне скупчення особин на різних деревних породах. Літературні джерела, власні дослідження показали, що для повноцінного функціонування гонад самиць та самців необхідні значні трофічні реформи. Це означає, що одразу після відродження імаго обох статей інтенсивно споживають вегетативну масу з властивою та характерною добовою ритмікою. Тобто упродовж світлового дня імаго у кронах дерев практично повністю замирають. Відбувається інтенсивний процес травлення їжі та розподіл енергетичних ресурсів. Прийнято вважати, що понад 60 % ресурсів витрачається на процес оогенезу самиць. Самиці відроджуються з повністю сформованою морфологічною структурою гонад, проте подальший їх розвиток повністю залежить не тільки від трофічної маси, а й від її якості. Встановлено, що за наявності значного рослинного різноманіття у імаго хрущів є вибір. За умов трофічного дефіциту імаго частково мігрують або концентруються на інших листових або

хвойних деревостанах.

Характер живлення повністю відповідає репродуктивному потенціалу яєць, їх фізіологічними параметрам, рівню життєздатності та сприятливості до дії різноманітних стресових факторів. Очевидно, з вищенаведеного, що показники реальної плодючості самиць є досить вагомим фактором прогнозу потенційного поширення популяцій.

Саме тому було проведено лабораторно-польові дослідження, що стосуються встановлення закономірності між трофічною цінністю корму та його впливу на оогенез самиць, їх функціональну активність та реальну плодючість (табл. 1). Встановлено, що за плодючість самиць листя дубу черешчатого є субстратом, що оптимізує усі параметри та життєві функції самиць. Порівняно з іншими листовими породами реальна плодючість самиць, що живились листям дуба, перевищує у 1,5–2,5 рази. Встановлено також, що самиці, що живились суцвіттям сосни звичайної характеризуються значним репродуктивним потенціалом. Менш сприятливі умови для самиць хрущів спостерігаються при живленні листям берези повислої. Листя тополі, як трофічний субстрат, за умов живлення імаго формує переважно фізіологічно неповноцінні популяції хруща.

Практика підтверджує, що розсадники, які оточують дуби, найбільше потерпають від надмірного заселення хрущами. Спочатку це дорослі особини у кронах дерев і далі – високий рівень заселення ґрунту личинками хрущів. Очевидно, що у складі будь-яких технологій повинен бути прийом, що спрямований на масове знищення дорослих особин, хоча б у льотні роки. З погляду сьогодення рівня техніки одна обробка крон дерев інсектицидом до початку яйцекладки самиць дасть змогу повністю розв'язати цю проблему.

1. Формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів залежно від трофічної бази

Трофічна база	Вихідний біоматеріал самиці, екз.	Маса лялечок самиць, г	Фізіологічний моніторинг гонад самиць, %				Відродилось личинок, %
			повна дис-функція	часткова дисфункція	нормальні морфологічні і фізіологічні структури гонад	реальна плодючість самиць, екз.	
Листя дуба черешчатого	35	0,629	17,9	32,4	49,7	48,7	76,2
Листя тополі	30	0,463	35,2	44,6	20,2	29,8	48,3
Береза повисла	30	0,514	32,3	30,2	37,5	35,8	64,8
Суцвіття сосни звичайної	30	0,586	14,6	43,6	41,8	43,6	73,5
НІР ₀₅	–	0,25	3,4	4,0	3,8	3,6	42

Наші дослідження мали на меті детальне вивчення характеру яйцекладки самиць. Досліджували характер та ритміку яйцекладки самиць у часі та просторі. Була відпрацьована оригінальна методика досліджень. Для цього імаго після їх весняного відродження згодовували листя трьох листових порід – дуба черешчатого, тополі та берези повислої. Крім того, передбачався варіант, де імаго хрущів згодовували суцвіттям сосни звичайної та ясена. Результати досліджень наведено в таблиці 2.

Наведені результати експериментально підтверджують закономірність, що стосується енергетичної цінності корму. Дослідження свідчать, що оптимальним харчовим раціоном для самиць хрущів є листя дуба черешчатого та яблуні. Досить добре розвиток статеві системи та оогенезу загалом спостерігається також внаслідок живлення самиць суцвіттями сосни звичайної. Водночас самиці хрущів зовсім не споживали листя ясена звичайного й гинули, не відкладаючи яєць.

Фактично вперше детально досліджено характер яйцекладки самиць хрущів. Встановлено ритміку яйцекладки, притаманну для кожного виду.

Інтервал між прийомами яйцекладки становив 5–7 днів. Як видно з таблиці 2, у першому прийомі яйцекладки нараховується від 29,3 до 38,1 % яєць з усього запасу. Тоді як за другий прийом яйцекладки вони відкладали від 49,4 до 62,3 % яєць. Тільки 8,4 та 14,2 % яєць від усього запасу припадав на третій період.

2. Репродуктивний потенціал та характер яйцекладки самиць західного травневого хруща (лабораторно – польові дослідження 2015–2018 рр.)

Трофічна база	Вихідний біоматеріал, самиці, екз.	Плодючість самиць, екз.	Характер яйцекладки, <i>прийоми</i>			Біотопи	Характеристика яйцекладки	
			<i>перший %</i>	<i>другий %</i>	<i>наступні %</i>		яєць у кладці, екз.	глибина розташування у ґрунті, см
Листя дуба черешчатого	35	53,6	30,8	55,1	14,1	освітлені задернілі ділянки	17–24	16–32
Листя яблуні	32	49,4	38,1	49,4	12,5	лісосмуги по периметру кварталу	22–33	14–27
Листя берези повислої	30	38,7	34,2	51,6	14,2	задернілі затінені осередки	19–23	15–18
Суцвіття сосни	30	47,3	29,3	62,3	8,4	осередки різнотрав'я, освітлені	12–23	15–21
НІР ₀₅	–	3,6	3,8	4,2	2,1	–	–	–

Також встановлено, що рівень життєздатності яєць, а відтак ембріонів відрізняється і це залежить від періоду яйцекладки, а також від живильного раціону самиць. Найбільш життєздатними були яйця та личинки хрущів, що відкладались у період другого прийому яйцекладки. Найбільший рівень загибелі яєць та личинок першого віку спостерігався в популяціях, що розвивались після першого прийому яйцекладки. Найвищий рівень смертності спостерігався в популяціях, що розвивались після третього періоду яйцекладки. Цю закономірність певною мірою показують матеріали таблиці 2, де представлені біотопи, яким віддавали перевагу самиці в період вибору на яйцекладки. Освітлені задернілі ділянки – це оптимальні ніші для збереження яєць з оптимальним планом відродження личинок.

Наведені результати – важлива інформація практичного характеру. Штучна руйнація оптимальних ніш для яйцекладки, знищення бур'янів, насамперед пирію, фактично єдиного трофічного ресурсу для личинок першого та другого віків. З іншого боку, штучне облаштування оптимальних осередків у межах розсадників для масової яйцекладки самиць, з подальшим їх знищенням механічним способом, або спрямоване внесення біологічних препаратів на основі хижих нематод та ентомопатогенних грибів.

Характеристика яйцекладок. Матеріали таблиці 3 ілюструють визначальні критерії процесу яйцекладки чотирьох видів хрущів. Наведені матеріали ілюструють три, що ми виділили експериментально, періоди яйцекладки самиць.

Перший період триває 5–7 днів. Самиці в цей період відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць з усього запасу. Їхня життєздатність незначна і понад 45 % їх гине. Фізіологічно повноцінні яйця самиці відкладають у період масової яйцекладки, яка триває 12–14 днів. Третій період яйцекладки триває 4–7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Отже, найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, які відродились з яєць, відкладених у період масової яйцекладки. Отже, наведені матеріали певною мірою є основою для часової локалізації застосування різних методів, що призводять до загибелі яєць.

Просторові характеристики

Розподіл яєць у ґрунті. Оцінка життєздатності яєць за рівнем відродження личинок західного травневого хруща (табл. 4), залежно від глибини розташування показало, що найбільшу життєздатність показують яйця відкладені в шарі до 30 см, але загалом, у поверхневому шарі (10 см) та шарі (31–40 см) яйця більш уразливі до впливу абіотичних та біотичних регуляторів – низька вологість ґрунту, хижаки, паразити та надмірне зволоження та ентомопатогени відповідно.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

3. Ритміка яйцекладки самиць хрущів (Богуславський лісгосп, 2015–2018 рр.)

Види	Ритміка яйцекладки, період / тривалість, дні			Глибина відкладання яєць у ґрунті, см	Абіотичні фактори	
	початок льоту	масовий льот	кінець льоту		температура повітря, °С	вологість ґрунту, %
Травневий східний хрущ	24 – 30•04; 5 – 7	3 – 15•05; 12 – 14	17 – 21•05; 4 – 5	19–31	16–18	7–9
Травневий західний хрущ	29•04 – 5•05; 7 – 9	7 – 14•05; 10–12	20 – 26•05; 5 – 6	21–34	14–17	9–10
Червневий хрущ	2•06 – 7•06; 5 – 7	10•06 – 21•06; 12–14	23•06 – 1•07; 6 – 7	24–38	17–19	8–10
Мармуровий хрущ	3•05 – 10•06; 7 – 9	13•05 – 23•06; 10–13	28•07 – 5•08; 5 – 7	29–46	13–16	11–13

4. Характеристики життєздатності яєць західного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2016–2018 рр.)

Глибина ґрунту, см	Виявлено яєць		Рівень життєздатності та рівень відродження личинок, %	Загибло ембріонів, % від			
	екз.	%		хижаків	паразитів	синоптичних аномалій	всього %
0–10	16	15,5	70,2	11,4	6,1	12,3	29,8
11–20	54	51,9	77,3	9,7	3,2	9,8	22,7
21–30	27	25,9	60,6	16,8	1,4	18,2	39,3
31–40	7	6,7	28,3	11,9	–	59,9	71,7
41–50	–	–	–	–	–	–	–
51–60	–	–	–	–	–	–	–

Розподіл личинок у ґрунті. Одним із питань технології, яке розв'язувалося, було визначення глибини внесення препаратів, тому протягом 2016–2018 років проводили розкопки з метою виявлення глибини найбільшої концентрації личинок (табл. 5).

Розподіл личинок у ґрунті показує (у табл. 5 три найвищі значення поспіль виділені напівжирним шрифтом), що у травні (у квітні личинки ще знаходяться досить глибоко – 90 % на 50–75 см глибини) найбільш технологічною для внесення біопрепаратів є глибина 10–30 см – в цьому шарі концентрується до 75% личинок; у червні – липні глибину можна зменшити до 20 см – майже 100 % фітофаги знаходяться в поверхневих горизонтах; на початку серпня за посушливої погоди личинки мігрують у глибину, у більш вологі шари ґрунту, тому вносити препарати доцільно дещо глибше на 20–40 см – їх концентрація становить до 88 %, але наприкінці серпня та протягом усього вересня личинки за достатньої вологості ґрунту, знову тримаються в поверхневих шарах до 30 см – 60–88 % від загальної кількості, наприкінці вересня та у жовтні–листопаді основна кількість личинок – до 85 %, зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно невиправдане.

Розподіл лялечок у ґрунті. Зважаючи на надзвичайно високий адаптивний потенціал хрущів, встановлення критеріїв життєздатності лялечок, їх реакцію до стресових факторів особливо актуально. Упродовж чотирьох років проводили лабораторні та польові дослідження з пошаровими розкопками ґрунту, вилученням та видовою ідентифікацією хрущів. За визначальними тестовими показниками оцінювали рівень життєздатності та причини загибелі лялечок. Встановлено просторову структуру концентрації лялечок хруща в шарах ґрунту. Очевидно, що нерівномірність їх розподілу має певні досить важливі закономірності, щонайперше екологічного та фізіологічного характеру.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

5. Розподіл личинок пластинчастовусих за ґрунтовими профілями (Богуславський лісгосп, 2016–2018 рр.)

Профіль ґрунту, см	Концентрація личинок, %																
	20.04	10.05	20.05	30.05	15.06	30.06	10.07	20.07	10.08	20.08	30.08	15.09	25.09	10.10	20.10	15. IX	5.X
1–10	–	–	3	6	19	79	42	50	4	24	30	32	1	–	–	–	–
11–20	–	–	5	18	57	19	51	31	26	16	22	26	3	6	2	1	–
21–30	6	8	16	16	19	2	7	19	42	20	16	17	21	6	3	3	5
31–40	11	4	31	41	5	–	–	–	22	11	19	16	31	28	5	7	11
41–50	21	17	34	16	–	–	–	–	6	17	8	9	18	37	36	44	29
51–60	19	42	11	3	–	–	–	–	–	9	5	–	17	21	42	31	31
61–75	24	29	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	6	2	12	14	16
76–90	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	8
91–130	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
131–150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
личинки на 5 рослин	46	54	42	51	39	31	18	21	27	21	15	50	34	26	24	49	27

Показано, що з усього загалу на глибині до 7 см концентрувалося тільки 11,8 % популяції лялечок. Рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2 %. Причиною загибелі були хижакі 42,1 %, а це переважно туруни, а також ентомопатогени 16,7 % переважно грибної етіології – мускардині гриби. Своєю чергою, серед мускардинозів домінував гриб білої мускардини – 79,7 %. Траплялися лялечки, уражені зеленою та рожевою мускардиною – 13,8 % та 6,5 % відповідно. Отримані матеріали свідчать про доцільність у технології захисту розсадників агроценозів використовувати біопрепарати на основі цих грибів. Синоптичні аномалії в цьому прошарку ґрунту стали причиною смертності 6,4 % лялечок (табл. 6).

Наступні прошарки ґрунту містили лялечок на глибині 8–15, 16–24 та 25–35 см. Тут концентрувалися 80,6 % лялечок від їх загалу. Рівень їх загибелі 14,3–15,4 %. На частку хижаків припадало тільки 2,1–6,7 %. Синоптичні аномалії стали причиною загибелі 0,8–2,8 % лялечок. Саме в цьому прошарку ґрунту складаються найбільш сприятливі умови для загибелі лялечок. Хижі туруни та стафілініди практично не проникають на таку глибину, тим більше що ґрунт, де ростуть молоді культури, не розпушуються. Крім того фізіологічно повноцінні популяції лялечок облаштовують для діапазування специфічні печерки, стіни яких цементуються секретом. Це є перешкодою, котру можуть зруйнувати тільки дорослі особини окремих видів хижих жуличок. Отже, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6–85,7 %, яка і є реальною загрозою насадженням.

З вищенаведеного видно, що синоптичні аномалії відіграють порівняно незначну регуляторну роль у регулюванні динаміки чисельності хрущів. Більш суттєвою є ефективність хижаків-

ентомофагів та збудників хвороб щодо яйцекладок та личинок хрущів. Щодо лялечок, то внаслідок їхньої неактивності, навпаки, роль ентомофагів і хижаків є зовсім незначною.

**6. Пошаровий розподіл діпазуючих лялечок східного травневого хруща у профілі ґрунту
(Богуславський лісгосп, 2014–2017 рр.)**

Структура розподілу лялечок у ґрунті, см.	Виявлено личинок хруща восени		Фізіологічний моніторинг популяцій лялечок у період весняної реактивації, %				Частина життєздатної популяції, %
	екз/м ²	%	загинуло всього	ентомопатогени	хижаки	синоптичні аномалії	
0–7	23	11,8	65,2	16,7	42,1	6,4	34,8
8–15	63	32,1	15,4	7,9	6,7	0,8	84,6
16–24	39	20,0	14,3	8,8	2,7	2,8	85,7
25–35	56	28,5	15,1	10,2	2,1	2,8	84,9
36–45	23	6,6	38,3	13,8	–	24,5	61,7
≥46	2	1,0	–	–	–	–	–
Усього:	196	100,0	–	–	–	–	–

Наведені матеріали свідчать про адаптивні властивості популяції хрущів. Детальний аналіз специфіки та характеру діпазування лялечок свідчить про відсутність очевидних критичних періодів їх розвитку.

Отже, на стадії лялечок не доцільно використовувати прийоми як винищувального, так і регуляторного характеру. Актуальними є традиційні прийоми агротехнічного та лісівничого характеру: оранка та розпушування ґрунту в розсадниках та молодих культурах сосни. Умовно ефективними є прийоми, що передбачають використання ентомофагів.

Висновки

Встановлено, що за плодючістю самиць хрущів листя дубу черешчатого та суцвіття сосни звичайної є оптимальним субстратом; встановлено ритміку яйцекладки хрущів: перший період триває 5–7 днів, у цей період самиці відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць незначної життєздатності (понад 45 % гине); масова яйцекладка – 12–14 днів, відкладаються фізіологічно повноцінні яйця; третій період – 4–7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, які відродилися з яєць, відкладених у період масової яйцекладки; найбільшу життєздатність мають яйця, відкладені в шарі до 30 см, але загалом, у поверхневому шарі (10 см) та шарі (31–40 см) яйця більш уразливі до впливу абіотичних та біотичних регуляторів; встановлено розподіл личинок у ґрунті: у квітні 90 % личинок знаходяться на глибині 50–75 см, у травні 75 % личинок – 10–30 см, у червні – липні майже 100 % фітофаги знаходяться в поверхневих горизонтах (20 см), на початку серпня за посушливої погоди личинки мігрують на глибину на 20–40 см – до 88 %, але наприкінці серпня та протягом усього вересня личинки у разі достатньої вологості ґрунту тримаються в шарах до 30 см – 60–88 % від загальної їх кількості, наприкінці вересня та у жовтні–листопаді основна кількість личинок – до 85 % зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см; встановлено просторову структуру розподілу лялечок хруща в шарах ґрунту: на глибині до 7 см концентрувалося 11,8 % лялечок, рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2 %. У шарах 8–15, 16–24 та 25–35 см концентрувалося 80,6 % лялечок, рівень загибелі 14,3–15,4 %. Отже, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6–85,7 %, яка і є реальною загрозою насадженням.

References

1. Bakhvalov, S. A., Bakhvalova, V. N., & Martemyanov, V. V. (2006). Rol troficheskogo faktora v dinamike chislennosti nasekomyh: analiz problemy. *Uspehi Sovremennoj Biologii*, 126 (1), 49–60 [In Russian].
2. Berezina, V. M. (1957). Lichinochnoe pitanie vostochnogo majskogo hrusha. *Trudy VIZR.*, 8, 37–74 [In Russian].
3. Borysenko, V. I. (2018). Vydovyi sklad roslynnykh uhrupovan na zemliakh, vyvedenykh iz silskohospodarskoho vykorystannia. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 11–12, 22–24 [In Ukrainian].
4. Gilyarov, M. S. (1965). *Zoologicheskij metod diagnostiki pochv*. Moskva: Nauka [In Russian].

5. Golovyanko, Z. S. (1951). *Mramornyj hrush, kak vreditel lesnyh, vinogradnyh i sadovyh kultur na peskah*. Kiev: AN USSR [In Russian].
6. Golovyanko, Z. S. (1949). *Prichiny usyhaniya sosnovykh nasazhdenij*. Kiev: Izdatelstvo Akademii nauk Ukrainskoj SSR [In Russian].
7. Znamenskij, A. V. (1927). *Posobie dlya proizvodstva obsledovaniya entomofauny pochvy*. Kiev: CUP. VSNH. SSSR [In Russian].
8. Ivanov, S. P., Belanovskij, I. D., Efimenko, M. S., Zhitkevich, E. N., Prihodkina, T. D., Sirotin, N. F., & Savchenko, E. N. (1937). *Rukovodstvo k obsledovaniyu vrednoj entomofauny pochvy*. Kiev–Poltava: Derzhavne vydavnytstvo kolhospnoi i radhospnoi literatury USSR [In Russian].
9. Isaev, A. S., Palnikova, E. N., Suhovolskij, V. G., & Tarasova, O. V. (2015). *Dinamika chislennosti lesnykh nasekomykh–fillofagov: modeli i prognozy*. Moskva: Tovarišestvo nauchnykh izdanij KMK [In Russian].
10. Koltunov, E. V., Bahvalov, S. A., Bahvalova, V. N., & Zhimerikin, V. N. (2014). Rol parazitoidov i virusnykh infekcij v populacionnoj dinamike massovykh vidov lesnykh nasekomykh–fillofagov. *Uspehi sovremennoj biologii*, 134 (3), 270–284 [In Russian].
11. Medvedev, S. I. (1952). *Plastinchatousye (Scarabaeidae) podsem. Melolonthinae, ch. 2 (hrushi)*. Fauna SSSR. Zhestkokrylye: Tom X, vyp. 2. Moskva–Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR [In Russian].
12. Medvedev, S. I. (1951). *Plastinchatousye (Scarabaeidae) podsem. Melolonthinae, ch. 1 (hrushi)*. Fauna SSSR. Zhestkokrylye: Tom X, vyp. 1. Moskva–Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR [In Russian].
13. Troshanin, P. G. (1966). *Hrushi i borba s nimi v lesnom hozyajstve*. Moskva: Lesnaya promyshlennost SSSR [In Russian].
14. Cinovskij, Ya. P. (1958). *Biologicheskie osnovy ustanovleniya prognoza okuklivaniya lichinok majskih zhukov*. Riga: Izdatelstvo AN Latvijsskoj SSR [In Russian].
15. Benker, U., & Leuprecht, B. (2004). Bekämpfungserfahrungen im Spessart und Vorkommen von Maikafern und verwandten Scarabaeiden in Bayern. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst*, 56 (5), 95–98.
16. Kula, E., Pešlová, A., Martinek, P., & Mazal, P. (2014). Effects of nitrogen on bionomics and food consumption of *Cabera pusaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Entomologica Fennica*, 25 (1), 6–15. doi: 10.33338/ef.41465.
17. Low, P. A., McArthur, C., Fisher, K., & Hochuli, D. F. (2014). Elevated volatile concentrations in high-nutrient plants: do insect herbivores pay a high price for good food? *Ecological Entomology*, 39 (4), 480–491. doi:10.1111/een.12124.
18. Otway, S. J., Hector, A., & Lawton, J. H. (2005). Resource dilution effects on specialist insect herbivores in a grassland biodiversity experiment. *Journal of Animal Ecology*, 74 (2), 234–240. doi: 10.1111/j.1365-2656.2005.00913.x.
19. Reilly, J. R., Hajek, A. E., Liebhold, A. M., & Plymale, R. (2014). Impact of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) on Outbreak Gypsy Moth Populations (Lepidoptera: Erebidae): The Role of Weather. *Environmental Entomology*, 43 (3), 632–641. doi: 10.1603/en13194.
20. Schweigkofler, W. (2004). Occurrence of the cockchafer *Melolontha* spp. and other noxious scarabaeid beetles in Northern Italy and strategies for their control: An overview. *Laimburg Journal*, 1 (2), 176–178.
21. Strasser, H. (2004). Assessment of scarab infestation in Austria. *Laimburg Journal*, 1 (2), 171–175.
22. Zimmermann, G. (2004). Auftreten und Bekämpfung von Feld- und Waldmaikafer in Deutschland: Current Situation. *Laimburg Journal*, 1 (2), 165–170.
23. Zimmermann, G. (2004). Vorkommen und Bekämpfung der Maikafer in Deutschland: Ein historischer Rückblick. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst*, 56 (5), 85–87.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Коренчук Є. В., Дрозда В. Ф., Фокін А. В. Репродуктивні та просторові характеристики популяцій хрущів (*Scarabaeidae*, *Melolonthinae*), важливі для оптимізації системи захисту сосни звичайної. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 44–53.

© Коренчук Євген Володимирович, Дрозда Валентин Федорович, Фокін Андрій Володимирович, 2020



original article | UDC 632 : 633.14«324»(477.41/.42) | doi: 10.31210/visnyk2020.01.05

FORMATION OF HARMFUL BIOTA IN WINTER RYE AGROCENOSSES IN THE UKRAINIAN POLISSIA

M. M. Kliuchevych¹

S. H. Stoliar^{1*}

O. Yu. Hrytsenko¹

L. V. Bilotserkivska²

ORCID  [0000-0003-2711-2566](https://orcid.org/0000-0003-2711-2566)

ORCID  [0000-0001-5925-2008](https://orcid.org/0000-0001-5925-2008)

ORCID  [0000-0002-0111-489X](https://orcid.org/0000-0002-0111-489X)

¹ Zhytomyr National Agro-Ecological University, 7, Stary Blvd str., Zhytomyr, 10008, Ukraine

² Novochortorysky State Agrarian College, 36, Nezalezhnosti str., Lubarsky district, Zhytomyr region, 13120, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: svetlana-stolyar@ukr.net

Grain farming is a main industry of plant production that provides the population with food products, animal husbandry with fodders and the industrial sector with raw materials. Winter rye, which is one of the most widespread cereal crops, is characterized by high edible and feeding qualities. The crop has a high potential productivity, however in recent years a decrease in its yield has been observed. Obtaining high yields is impeded by the spreading of pests in winter rye agroecosystems. The agroecosystems of winter rye were examined in the conditions of the Ukrainian Polissia between 2016 and 2019, and their phyto-sanitary state was established. The species composition of pathogenic agents of fungal diseases and crop phytophages was determined. Field studies of the species composition of pests were conducted in the experimental field of Zhytomyr National Agro-Ecological University by cultivating crops in organic rotation (vetch and oat mix – winter rye – field beans – white mustard – winter spelt – buckwheat). As a result, it was found out that the main share in the structure of crop mycoses in the Polissia belonged to *Puccinia recondita* Dietel & Holw. (35 %), *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (23 %) and fungi of the *Fusarium* spp. genus (20 %). The spreading of fungal diseases in agroecosystem varied from 29.7 to 68.5 %. Wheat leaf rust (65.6 %), common root rot (58.7 %) and *Septoria* blight (38.4 %), were the most widespread while powdery mildew (27.5 %) and fusarium root rot (32.8 %) were the least widespread. The degree of mycoses development ranged from 4.2 to 20.3 %. The plants were mostly affected by wheat leaf rust (20.3 %) and common root rot (15.7 %), and least affected by powdery mildew (4.2 %) and *Septoria* blight (7.5 %). It should be noted that in the recent years under considerable climate change, there has been mass reproduction, intensive migration and spreading of insects in agroecosystems. The results of the conducted studies of winter rye crops have shown that agroecosystems are characterized by high colonization of major pests during the growing season, which requires mandatory application of plant protection means. Pest colonization of agroecosystems varied from 8.7 to 21.8 %. The areas were colonized by the barley flea beetle (21.8 %) and *Oscinella* (15.7 %) most of all and by leafhoppers – the least (8.7 %). The conducted investigation concerning the spreading and development of mycoses, pest colonization and weed infestation of the sown areas will contribute to the development and substantiation of environmentally friendly protection systems that will provide high yields of safe grain products and reduce pesticide load on agro-ecosystems.

Key words: winter rye, agroecosystem, causal agents, fungal diseases, pests.

ФОРМУВАННЯ ШКІДЛИВОЇ БІОТИ В АГРОЦЕНОЗАХ ЖИТА ОЗИМОГО В ПОЛІССІ УКРАЇНИ

М. М. Ключевич¹, С. Г. Столяр¹, О. Ю. Гриценко¹, Л. В. Білоцерківська²,

¹ Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна

² Новочорторийський державний аграрний технікум, с. Нова Чорторія, Любарський район, Житомирська область, Україна

Зернове господарство є основною галуззю рослинництва, що забезпечує населення продуктами харчування, тваринництво – кормами, індустріальну промисловість – сировиною. Однією з найбільш поширених зернових культур є жито озиме, яке характеризується високими харчовими та кормовими якостями. Культура має високу потенційну продуктивність, однак останніми роками спостерігається значне зниження її урожайності. Одержання високих урожаїв лімітується поширенням та розвитком у агроценозах жита озимого шкідливих організмів. В умовах Полісся України впродовж 2016–2019 рр. проведено обстеження агроценозів жита озимого та встановлено їх фітосанітарний стан. Визначено видовий склад збудників грибних хвороб та фітофагів культури. Досліджено, що основну частку у структурі мікозів культури в Поліссі склали: *Puccinia recondite* Dietel & Holw. (35 %), *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (23 %) та гриби роду *Fusarium* spp. (20 %). Поширення грибних хвороб в агроценозі варіювало в межах від 27,5 до 65,6 %. Найбільше розповсюдженими були бура листова іржа (65,6 %), звичайна коренева гниль (58,7 %) та септоріоз (38,4 %), а найменше – борошниста роса (27,5 %) і фузаріозна коренева гниль (32,8 %). Рівень розвитку мікозів був у межах 4,2–20,3 %. Найвищий ступінь ураження рослин відмічено бурюю листовою іржею (20,3 %) та звичайною кореневою гниллю (15,7 %), а найнижчий – борошнистою росою (4,2 %) і септоріозом (7,5 %). Відзначимо, що за умови суттєвої зміни клімату в агроценозах упродовж останніх років спостерігається масове розмноження, інтенсивна міграція й розповсюдження комах. Заселеність агроценозів шкідниками варіювала від 8,7 до 21,8 %. Найбільше заселено посівів було смугастою хлібною блішкою (21,8 %) та шведською мухою (15,7 %), а найменше – цикадками (8,7 %). Досліджено поширення та рівень розвитку мікозів, заселеність шкідниками та забур'яненість посівів, що сприятиме розробці й обґрунтуванню екологічно безпечних систем захисту, які забезпечать отримання високих врожаїв безпечної зернової продукції та зменшення пестицидного навантаження на агроєкосистеми.

Ключові слова: жито озиме, агроценоз, збудники, грибні хвороби, шкідники.

ФОРМИРОВАНИЕ ВРЕДНОСНОЙ БИОТЫ В АГРОЦЕНОЗАХ РЖИ ОЗИМОЙ В ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ

М. М. Ключевич¹, С. Г. Столяр¹, А. Ю. Гриценко¹, Л. В. Белоцерковская²,

¹ Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина

² Новочерторийский государственный аграрный техникум, с. Новая Чертория, Любарский район, Житомирская область, Украина

В условиях Полесья Украины на протяжении 2016–2019 гг. были проведены исследования агроценозов ржи озимой и установлено их фитосанитарное состояние. Определен видовой состав возбудителей грибных болезней и фитофагов. Выяснено распространение и уровень развития микозов, заселенность вредителями, что способствует разработке и обоснованию экологически безопасных систем защиты, которые обеспечат получение высоких урожаев безопасной зерновой продукции и уменьшение пестицидной нагрузки на агроэкосистемы.

Ключевые слова: рожь озимая, агроценоз, возбудители, грибные болезни, вредители.

Вступ

Однією з найбільш серйозних екологічних проблем сучасності є зміна клімату з тенденцією до підвищення теплозабезпечення вегетаційних періодів, яка дедалі більш часто стає причиною негативних наслідків для сільського господарства. Під впливом біотичних, абіотичних та антропогенних

чинників в агроценозах жита озимого істотно порушується процес саморегуляції, що призводить до збільшення поширення шкідливих організмів та підвищення їх шкідливості [1–6].

Поширення та розвиток грибних хвороб у посівах жита озимого, пошкодження рослин комахами та виснаження бур'янами є одними з основних лімітуючих факторів, що призводить до недобору врожаю зерна та погіршення його якості [7–9].

Одним з важливих факторів нарощування обсягів виробництва зерна жита озимого є обмеження негативної дії шкідливих організмів на культуру.

Розв'язанню проблеми недостатньої реалізації потенціалу продуктивності жита озимого провідні науковці значну увагу приділяли на межі 70–80-х рр. XX століття [7, 10].

Дослідження з селекції зерновиробництва та технології вирощування культури здійснювали такі учені: Р. А. Бейліс-Вирова (1962), В. І. Худоерко (1977), А. А. Зиганшин (1981), В. П. Дерев'янка (2008), О. І. Буняк (2010), Г. П. Малявко (2010), О. П. Рябушиць (2011), К. М. Манько (2011), О. І. Дицьо (2017), проте в їхніх наукових працях проблемі поширення шкідливих організмів та їх впливу на розвиток і продуктивність культури приділена недостатня увага.

Тому *мета* роботи – з'ясувати особливості поширення шкідливих організмів жита озимого, що забезпечить можливість аграріям визначати напрям подальших екологічно безпечних захисних заходів, що є передумовою збільшення урожайності культури, підвищення якості зерна та зменшення рівня біологічного забруднення агроєкосистем шкідливими об'єктами. Серед *завдань* досліджень: встановити видовий склад шкідливих організмів жита озимого, поширення та розвиток мікозів, заселеність і пошкодженість рослин основними фітофагами.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження з вивчення видового складу шкідливих організмів жита озимого проводили впродовж 2016–2019 рр. в органічній сівозміні (вико-вівсяна суміш – жито озиме – боби кормові – гірчиця біла – спелта озима – гречка) в умовах дослідного поля Житомирського національного агро-екологічного університету (Черняхівський район, Житомирської обл.).

Ґрунт дослідних ділянок сірий лісовий легкосуглинковий.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень істотно різнилися за температурним режимом і вологозабезпеченістю впродовж вегетації жита озимого.

Погодні умови 2016–2017 рр. характеризувалися як сприйнятливі для вирощування жита озимого. У період осінньої вегетації була тепла погода, однак спостерігалася недостатня забезпеченість вологою. Березень 2017 р. був аномально жарким, однак квітень і травень холодними. У червні–серпні відмічено підвищення температури повітря та відсутність опадів. Вересень 2017 р. був теплим та вологим. Зима 2017–2018 рр. виявилася аномально теплою. Відсутністю опадів та підвищеними температурами повітря характеризувався квітень і червень. Жаркі дні червня–серпня 2018 р. змінювалися холодними, дощові періоди – засухою. У третій декаді липня опадів випало 117 мм (303 % норми).

За гідротермічними умовами 2019 р. був нестійким та теплим. Найбільша кількість опадів випала у травні – 162,5 мм та становила 279,5 % норми. Однак дефіцит вологи спостерігали в червні, липні та серпні, який становив 4,0, 12,8 та 63,6 мм відповідно, зафіксовано також підвищення середньодобових температур.

Обліки та спостереження за розвитком хвороб, чисельністю фітофагів здійснювали згідно із загальноприйнятими методиками фітопатологічних та ентомологічних досліджень [11].

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за допомогою прикладних комп'ютерних програм [12].

Результати досліджень та їх обговорення

Зерновиробництво належить до стратегічно важливих галузей аграрної економіки України. Однак останніми роками спостерігається нестабільна економічна ситуація в Україні, яка негативно вплинула як на розвиток сільського господарства, так і на виробництво зерна жита озимого. Часте порушення аграріями технологій вирощування культур і недосконалість її елементів (відхилення від норм та строків сівби, неналежний обробіток ґрунту, низький рівень внесення мінеральних і органічних добрив, недотримання елементів систем захисту посівів тощо) спонукають до масового поширення та розвитку в агроценозах шкідливих організмів [13–16].

Одним з факторів, що впливає на зменшення продуктивності жита озимого, є ураження насіння й

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

рослин упродовж вегетації збудниками хвороб грибної етіології. Вони порушують нормальний перебіг фізіологічних процесів, що призводить до часткової або повної загибелі рослин. Втрати валового збору зерна від хвороб щорічно становлять 20–30 %, а в епіфітотійні роки – до 50 % і більше [17, 18].

На основі досліджень, проведених упродовж 2016–2019 рр., встановлено співвідношення видового складу збудників грибних хвороб в агроценозах жита озимого в Поліссі України (рис. 1).

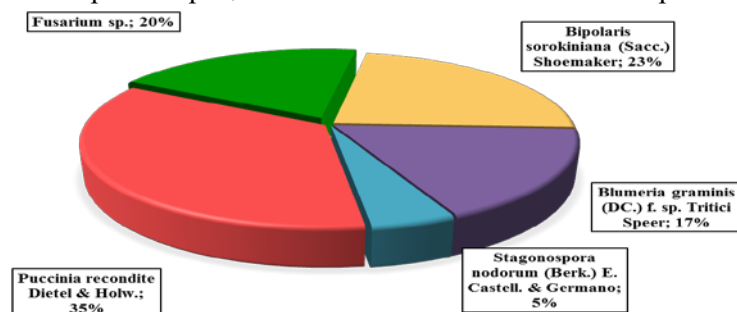


Рис. 1. Співвідношення збудників грибних хвороб жита озимого, 2016–2019 рр.

Досліджено, що основну частку у структурі мікозів культури в Поліссі склали: *Puccinia recondite* Dietel & Holw. (35 %), *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (23 %) та гриби роду *Fusarium* sp. (20 %).

Менша частка *Blumeria graminis* (DC.) f. sp. *tritici* Speer. (17 %) та *Stagonospora nodorum* (Berk.) E. Castell. & Germano (5 %).

Вивчення поширення та розвитку хвороб у агроценозах жита озимого відіграє важливу роль в ухваленні рішень щодо проведення захисних заходів обмеження їх шкідливості (рис. 2).



Рис. 2. Поширення та розвиток мікозів жита озимого в Поліссі України (дослідне поле ЖНАЕУ, 2016–2019 рр.)

Встановлено, що домінуючими мікозами в патогенному комплексі жита озимого є бура листовка іржа та кореневі гнилі.

Поширення грибних хвороб в агроценозі варіювала в межах 27,5–65,6 %. Найбільше розповсюдженими були бура листовка іржа (65,6 %), звичайна коренева гниль (58,7 %) та септоріоз (38,4 %), а найменше – борошниста роса (27,5 %) і фузаріозна коренева гниль (32,8 %).

Рівень розвитку мікозів був у межах 4,2–20,3 %. Найвищий ступінь ураження рослин відмічено бурою листовою іржею (20,3 %) та звичайною кореневою гниллю (15,7 %), а найнижчий – борошністою россою (4,2 %) і септоріозом (7,5 %).

Відзначимо, що за суттєвої зміни клімату в агроценозах упродовж останніх років спостерігається масове розмноження, інтенсивна міграція і розповсюдження комах. Це призводить не тільки до загального збільшення щільності шкідників в агроценозах, а й до процесів гібридизації різних популяційних угруповань, наслідком якого є гетерозис – підвищення плодючості, життєздатності, шкідливості й агресивності комах [19, 20].

Тому надзвичайно актуальним є визначення видового складу та поширення популяцій комах-фітофагів у агроценозах жита озимого.

У результаті досліджень встановлено заселеність посівів жита озимого основними шкідниками в різні періоди розвитку рослин (табл. 1).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

1. Шкідники жита озимого залежно від фаз розвитку рослин

Період, фаза рослин	Група шкідників	Шкідники
Осінь (сходи-кущіння)	грунтові	личинки хлібних жуків, хрущів
	внутрішньостеблові	личинки шведської мухи
	сисні	велика злакова попелиця
Весна (кущіння–колосіння)	листогризучі	смугаста хлібна блішка
	внутрішньостеблові	шведська муха
	сисні	попелиці, цикадки
Літо (молочно–воскова стиг- лість)	листогризучі	хлібні жуки
	внутрішньостеблові	шведська муха
	сисні	попелиці

В осінній період вегетації жита озимого траплялися шкідники таких груп: ґрунтові, внутрішньостеблові та сисні. Вони призводили до зрідження густоти посіву, у разі суттєвого пошкодження рослини гинули ще восени, а знесилені – за зимовий період.

У весняний та літній періоди найбільш шкідливими групами фітофагів були: листогризучі, внутрішньостеблові та сисні, які знижували урожайність та погіршували якість зерна.

Встановлено співвідношення видового складу шкідників у агроценозах жита озимого в Поліссі України (рис. 3). Досліджено, що основну частку у структурі склали: смугаста хлібна блішка (39,4 %), шведська муха (23,3 %) та попелиці (17,5 %); меншу частку – хлібні жуки (13,3 %) та цикадки (9,6 %).

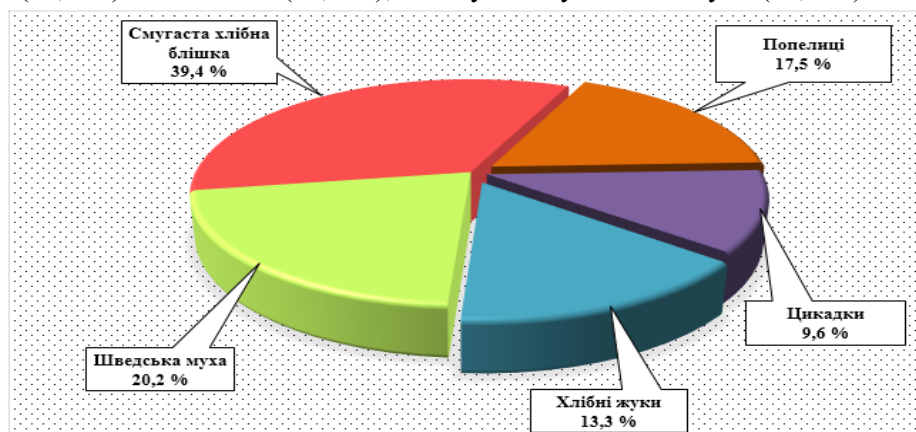


Рис. 3. Співвідношення комах фітофагів жита озимого, 2016–2019 рр.

У результаті проведених обстежень посівів жита озимого встановлено, що заселеність агроценозів основними фітофагами в період вегетації культури є високою, що вимагає обов'язкового застосування засобів захисту рослин (рис. 3).



Рис. 3. Заселено та пошкоджено рослин жита озимого основними шкідниками (дослідне поле ЖНАЕУ, 2016–2019 рр.)

Заселеність агроценозів шкідниками варіювала від 8,7 до 21,8 %. Домінували на посівах: смугаста хлібна блішка (21,8 %) та шведська муха (15,7 %), а заселення цикадками становило лише 8,7 %.

Пошкодження рослини попелицями становило 16,4 %, смугастою хлібною блішкою – 10,2 %, а шведською мухою – 2,3 %.

Висновки

Кліматичні зміни спричиняють істотні порушення процесів саморегуляції в агроценозах жита озимого, в результаті збільшується чисельність шкідливих організмів та порушується екологічна рівновага, і як наслідок, спостерігаються значні втрати врожаю зерна.

Основною передумовою підвищення продуктивності та якості зернової продукції жита озимого, а також зниження рівня біологічного забруднення агроєкосистем шкідливими організмами є розробка та удосконалення екологічно безпечних систем захисту, які включають раціональне поєднання організаційно-господарського, агротехнічного, імунологічного, біологічного, хімічного та інших методів з урахуванням ЕПШ та технологій вирощування.

Перспективи подальших досліджень полягають в удосконаленні та обґрунтуванні застосування екологічно безпечних систем захисту жита озимого від шкідливих організмів.

References

1. Kuzminykh, A. N., Novoselov, S. I., & Pashkova, G. I. (2020). Effect of green manuring on the phytosanitary condition of agrocenosis and the yield of winter rye during the development of fallow land. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/421/2/022071.
2. Wilde, P., Schmiedchen, B., Menzel, J., Gordillo, A., & Brian, D. (2017). Fowler Brasetto hybrid winter rye. *Canadian Journal of Plant Science*, 98, 1–4.
3. Yurchak, L. D. (2004). Ekolohe-aleopatychni aspekty vzaiemodii aromatychnykh roslin i mikroorganizmiv v ahrofitotsenozakh. *X z'izd Tovarystva mikrobiolohiv Ukrainy*. Odesa: Astroprint [In Ukrainian].
4. Baker, J. M., Griffi, T. J., & Ochsner, T. E. (2012). Coupling landscape water storage and supplemental irrigation to increase productivity and improve environmental stewardship in the U.S. Midwest. *Water Resour. Res.*, 48, W05301. doi: 10.1029/2011WR011780.
5. Vihovanec, V., & Kostyuk, B. (2013). Botanichna ta ahrobiolohichna struktura ahrofitotsenozu pshenyt si ozymoi v umovakh Prykarpattia. *Visnik Lvivskogo Nacionalnogo Agrarnogo Universitetu*, 17 (2), 98–102 [In Ukrainian].
6. Kuperman, F. M. & Rzhannov, E. I. (1963). *Biologiya razvitiya rasteniy*. Moskva: Vysshaya shkola [In Russian].
7. Pasichnik, L. A., & Koroleva, I. B. (1991). *P. syringul* pv. afrotaciens – vzbuditel' bakterial'noj pjatnistoj rzhi na Ukraine. *Mikrobiologicheskij Zhurnal*, 53 (2), 49–55 [In Russian].
8. Smith, L. B., & Kallenbach, R. L. (2006). Overseeding annual ryegrass and cereal rye into soybean as part of a multifunctional cropping system: I. Grain crop yields, winter annual weed cover, and residue after planting. *Forage and Grazinglands*, 4 (1), 57–63. doi: 10.1094/FG-2006-0907-01-RS.
9. Gruss, I., Twardowski, J. P., & Hurej, M. (2018). Influence of 90-year potato and winter rye monocultures under different fertilisation on soil mites. *Plant Protect Sci*, 54, 31–38. doi: 10.17221/46/2016-PPS.
10. Chajka, V. M. (2003). Ekolohichne obgruntuvannia prohnozu rozpovsiudzhennia osnovnykh shkidnykiv polovykh kultur v ahrotsenozakh Ukrainy. *Extended abstract of doctor's thesis*. National Agrarian University of Ukraine, Kyiv [In Ukrainian].
11. Omelyuta, V. P. (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur*. Kiyiv: Urozhaj [In Ukrainian].
12. Dosphehov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
13. Melnyk, A. V., & Bychenko, K. V. Stan ta perspektyvy vyroshchuvannia zernovykh kultur v sviti ta Ukraini. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universitetu*, 11 (26), 131–134 [In Ukrainian].
14. Wilde, P., Schmiedchen, B., Menzel, J., & Gordillo, A. (2018). Cultivar description *Brasetto hybrid* winter rye. *Canadian Journal of Plant Science*, 98, 1–4. doi: 10.1139/cjps-2016-0382.
15. Krueger, E. S., Ochsner, T. E., Porter, P. M., & Baker, J. M. (2011). Winter rye cover crop management influences on soil water, soil nitrate, and corn development. *Agronom Journal*, 103, 316–323.
16. Tupits, I. & Sooväli, P. (2010). The occurrence and severity of rust diseases of winter rye in Estonian

climatic conditions. *Agronomy Research*, 8, 735, 1–8.

17. Retman, S. V. (2001). *Khvoroby zernovykh kolosovykh kultur. Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv: Svit [In Ukrainian].

18. Galimov, K. A., Potapov, G. N., Bezgodov, A. V., & Skakovskaya, T. V. (2017). Yantarnaya is a new variety of fodder winter rye. *Scientific Cooperation Center "Interactive plus"*. doi: 10.21661/r-464998.

19. Baker, J. M., & Griffi, T. J. (2009). Evaluating the potential use of winter cover crops in corn–soybean systems for sustainable co-production of food and fuel. *Agric. for. Meteorol.*, 149, 2120–2132. doi: 10.1016/j.agrformet.2009.05.017.

20. Gruss, I. & Twardowski, J. (2016). The assemblages of soil dwelling springtails (Collembola) in winter rye under long-term monoculture and crop rotation. *Zemdirbyste Agriculture*, 103, 159–166.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Ключевич М. М., Столяр С. Г., Гриценко О. Ю., Білоцерківська Л. В. Формування шкідливої біоти в агроценозах жита озимого в Поліссі України. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 54–60.

© Ключевич Михайло Михайлович, Столяр Світлана Григорівна,
Гриценко Олексій Юрійович, Білоцерківська Лілія Василівна, 2020



**BULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMY**

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>



original article | UDC 633.358:631.5 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.06

FORMATION OF PEA SEED PRODUCTIVITY DEPENDING ON SOWING RATE

N. S. Shokalo*

ORCID  [0000-0001-7839-8168](https://orcid.org/0000-0001-7839-8168)

B. O. Bazhan

A. S. Ozarov

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: shns12@ukr.net

With appearing modern pea varieties having new morphological characteristics and high potential productivity and ability for mechanized harvesting, the necessity has arisen concerning the improvement of agro-technical measures, plant nutrition area optimization, in particular. That is why during 2018–2019, in the “Partner Agro Group” LLC of Kozelshchyna district, Poltava region, experiments were conducted on deep low humus black soil to study the sowing rates of Madonna leafless pea variety: 0.8; 1.0, and 1.2 million pcs/ha. The degree of weed infestation in the experiment’s variants was insignificant at the first calculation – 3.2–4.1 pcs/m²; it was connected with pea pre-germination harrowing, which considerably damaged one-year weeds. Before pea harvesting, the degree of weed infestation was the highest in the variant with the sowing rate of 0.8 million pcs/ha – or 34.3 pcs/m², as the crops could not inhibit weed development because of thin sowing. At increasing sowing rate to 1.0 million pcs/ha the amount of weeds at the moment before harvesting pea made 26.1 pcs/m². The lowest weed infestation was observed in the variant with the sowing rate of 1.2 million pcs/ha or 21.7 pcs/m². The growing period of 2018 was more favorable for pea cultivation as to weather conditions, because it was characterized by sufficient amount of moisture and warmth. During that year higher crop yields were formed, which made 2.5 t/ha on the average according to the experiment variants. During the growing period of 2019 the weather was hot, sometimes rainy. These factors affected the formation of lower pea yields – 1.8 t/ha on the average, which was 7.1 hundredweight/ha less than in 2018. The yield of 1.62 t/ha was especially lower in the variant with the sowing rate of 0.8 million pcs/ha. This was stipulated by the fact that there were the fewest number plants there, and thus, less grain was formed per area unit. On the average, during the two years of studies, the highest crop yield of Madonna pea variety was formed in the variant with the sowing rate of 1.2 million pcs/ha and made 2.4 t/ha. At decreasing the sowing rate to 1.0 and 0.8 million pcs/ha, the crop yield also decreased by 0.19 and 0.41 t/ha, or 8.1 and 17.4%.

Keywords: pea, sowing rate, weed infestation, seed productivity.

ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ

Н. С. Шокало, Б. О. Бажан, А. С. Озаров,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

З появою сучасних сортів гороху з новими морфологічними ознаками та високою потенційною продуктивністю і здатністю до механізованого збирання виникла необхідність у вдосконаленні агротехнічних заходів, зокрема й оптимізації площі живлення рослин. Саме тому в умовах ТОВ «Партнер АгроГруп» Козельщинського району Полтавської області на чорноземі глибокому малогумусному протягом 2018–2019 рр. було проведено дослідження з вивчення норм висіву безлисточкового го-

роху сорту Мадонна: 0,8; 1,0 і 1,2 млн шт./га. Ступінь забур'яненості у варіантах досліду при першому обліку була незначною – 3,2–4,1 шт./м², що пов'язано з проведенням у господарстві досхого боронування гороху, і це значно пошкодило сходи однорічних бур'янів. Перед збиранням гороху ступінь забур'яненості в досліді була найвища у варіанті, де норма висіву гороху становила 0,8 млн шт./га – 34,3 шт./м², оскільки через зрідженість посіву культурні рослини не могли пригнічувати розвиток бур'янів. У разі збільшення норми висіву до 1,0 млн шт./га кількість бур'янів на момент перед збиранням гороху становила 26,1 шт./м². Найменша забур'яненість була у варіанті з нормою висіву 1,2 млн шт./га – 21,7 шт./м². Вегетаційний період 2018 року був більш сприятливим для гороху за погодними умовами, оскільки характеризувався достатньою кількістю вологи й тепла. Цього року сформувалася вища урожайність, яка в середньому за варіантами досліду становила 2,5 т/га. Протягом вегетаційного періоду 2019 року погода була спекотна, часом – дощова. Це і вплинуло на формування невисокої урожайності гороху – в середньому 1,8 т/га, що на 7,1 ц/га менше, ніж 2018 року. Особливо низька врожайність спостерігалась у варіанті з нормою висіву 0,8 млн шт./га – 1,62 т/га. Це зумовлено тим, що рослин там було найменше, а значить – менше зерна сформувалось на одиниці площі. У середньому за два роки досліджень найвища урожайність гороху сорту Мадонна сформувалась у варіанті з нормою висіву 1,2 млн шт./га і склала 2,4 т/га. При зменшенні норми висіву до 1,0 і 0,8 млн шт./га зменшувалась і урожайність – на 0,19 і 0,41 т/га, тобто на 8,1 і 17,4 %.

Ключові слова: горох, норма висіву, забур'яненість, насіннева продуктивність.

ФОРМИРОВАНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА

Н. С. Шокало, Б. А. Бажан, А. С. Озаров,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Для безлисточкового сорта гороха Мадонна были исследованы нормы высева 0,8; 1,0 и 1,2 млн шт./га. При первом учёте количество сорных растений было незначительное – 3,2–4,1 шт./м². Перед уборкой степень засоренности гороха составила 34,3 шт./м² (0,8 млн шт./га); 26,1 шт./м² (1,0 млн шт./га) и 21,7 шт./м² (1,2 млн шт./га). В 2018 г. урожайность гороха в среднем по вариантам опыта составила 2,5 т/га, в 2019 г. – 1,8 т/га, что обусловлено погодными условиями во время вегетационного периода гороха. Особенно низкая урожайность наблюдалась в варианте с нормой высева 0,8 млн шт./га – 1,62 т/га. В среднем за два года исследований самая высокая урожайность сформировалась в варианте опыта с нормой высева 1,2 млн шт./га и составила 2,4 т/га. При уменьшении нормы высева до 1,0 и 0,8 млн шт./га наблюдалось снижение урожайности на 0,19 и 0,41 т/га, т.е. на 8,1 и 17,4 %.

Ключевые слова: горох, норма высева, засоренность, семенная продуктивность.

Вступ

Однією з проблем галузі рослинництва є виробництво рослинного білка в кількості, достатній для забезпечення населення якісними продуктами харчування. Провідна роль у розв'язанні цієї проблеми належить зернобобовим культурам, зокрема, гороху. Це зумовлено його здатністю формувати високі врожаї зерна порівняно з іншими зернобобовими культурами та добрими показниками якості [1, 9, 32].

Як відомо, горох забезпечує високий збір білка та сприяє підвищенню родючості ґрунту. Але на сьогодні в умовах зміни клімату, відсутні чіткі рекомендації щодо агротехніки сучасних сортів гороху, зважаючи на їх сортові особливості в конкретних умовах вирощування [1, 29].

Вважається, що питання впливу норми висіву на формування урожайності зерна гороху є достатньо вивченим. Як на зріджених, так і на загущених посівах урожайність та якість зерна істотно знижується. За низької норми висіву збори зерна з одиниці площі зменшуються, зріджені посіви дужче забур'янюються. Загущені посіви страждають від нестачі світла, мають менш розвинену кореневу систему, знижують біологічну фіксацію азоту атмосфери [2–4, 8, 10, 12–14]. У разі достатнього зволоження і надмірного загущення урожайність зерна не збільшується, а якість його погіршується через погану виповненість, пошкодження шкідниками і хворобами тощо. У густих посівах більше накопичується вегетативної маси, горох вилягає й підгниває знизу, що поряд зі зниженням урожайності по-

гіршує збирання. У зріждених посівах горох потерпає від бур'янів і також знижує урожайність зерна [17–24, 30–33, 36].

Але останніми роками селекціонери створили сорти гороху, що мають низку господарськи цінних якостей, зокрема висока потенційна продуктивність, стійкість до стресових факторів середовища, вилягання, придатність до збирання прямим комбайнуванням. Це зумовлено новими морфологічними ознаками рослин гороху. Серед них такі: підвищена міцність стебла, вкорочені міжвузля, вусатий тип листка, насіння, яке не осипається та ін. Через це виникла потреба перегляду загальноприйнятих рекомендацій норм висіву гороху, пов'язаних зі щільністю висіву [5, 27, 34].

Зважаючи на використання оптимальної норми висіву, можна підвищити урожайність сучасних сортів гороху. Як зазначають ряд авторів, у разі вирощування безлисточкового (вусатого) сорту гороху в умовах нестійкого зволоження Степової зони України збільшення норми висіву з 1,2 до 1,4 млн схожих насінин на 1 га забезпечило підвищення урожайності. Подальше загущення посівів призводило до зниження продуктивності культури [6, 16, 28, 35]. Навпаки, в інших дослідників найвищі показники зернової продуктивності були за норми висіву 1,8 млн схожих насінин на гектар [15].

Максимальний урожай насіння можна отримати за норми висіву 1,5 млн шт./га, з незначним відхиленням врожайності при нормах висіву 1,2 і 1,8 млн шт./га. Зменшення норм висіву нижче 1,2 млн шт./га недопустиме, оскільки при цьому погіршується фітосанітарний стан посівів, збільшується їх забур'янення, а збільшення норм висіву вище 1,8 млн шт./га – неефективне, тому що витрати насіння повною мірою не компенсуються прибавкою врожаю [25]. У разі збільшення норми висіву до 1,4 та 1,6 млн схожих насінин на 1 га в рослин гороху відбувається зниження значень таких показників як кількість бобів, маса зерна, маса соломи з 1 рослини та маса 1000 насінин [26]. Тому розробка агротехнічних заходів, що могли б забезпечити підвищення урожайності та збору білка цієї важливої зернобобової культури, досить актуальна.

Метою наших досліджень передбачалося вивчити ступінь впливу норм висіву на рівень забур'яненості посівів, елементи продуктивності рослин та урожайність зерна гороху в умовах Центрального Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження були проведені в умовах ТОВ «Партнер АгроГруп» Козельщинського району Полтавської області протягом 2018–2019 років.

Ґрунт поля дослідної ділянки – чорнозем глибокий малогумусний на важкосуглинковому лесі. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в орному шарі ґрунту – 4,3 %; загального азоту – 4,2–7,4; обмінного калію і рухомого фосфору за Чиріковим – 16–20 і 10–15 мг/100 г сухого ґрунту; рН сольової витяжки – 6,7.

Схемою досліду передбачено такі варіанти: 1-й – 0,8 млн шт./га; 2-й – 1,0 млн шт./га; 3-й – 1,2 млн шт./га. Загальна площа, на якій проводились дослідження, становить 261,8 м², розмір облікової ділянки – 25,2 м². Повторність досліду – трьохкратна. Спостереження, обліки та аналізи в досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками [11].

Дослідження проводили з сортом гороху Мадонна, що рекомендований для вирощування в Лісостеповій зоні України.

Сорт гороху Мадонна німецької селекції, зерновий, безлисточкового типу. Стійкий до вилягання, посухи, осипання. Висота рослин середня – 53–95 см. Урожайність до 50 ц/га. Середньостиглий (60–80 днів вегетації). Маса 1000 насінин – 220–250 г. Вміст білка в зерні – 23–24 %. Характеризується раннім одночасним дозріванням, придатний до збирання прямим комбайнуванням.

Сівбу гороху проводили на глибину 6–8 см. Відразу ж після сівби поле прикочували кільчасто-шпоровими котками. Мета прикочування – підтягування вологи з нижніх горизонтів ґрунту для кращого набубнявлення насіння.

Для боротьби з бур'янами проводили досходове боронування (через 4–7 днів після сівби) середніми зубовими боролами БЗСС–1,0. Післясходове боронування проводили у фазі 3–5 листків, коли висота рослин становила 7–10 см. У цей час масово з'являються бур'яни. Завдяки досходовому і післясходовому боронуванню знищується 60–80 % однорічних бур'янів. Крім того, цей захід ліквідує кірку, добре розпушує ґрунт, зменшує втрати вологи.

Результати досліджень та їх обговорення

Як відомо, бур'яни, конкуруючи в посівах з культурними рослинами, знижують якість продукції,

зменшуючи в ній кількість білків, вуглеводів і вітамінів. Крім того, на полях гороху вони служать додатковим джерелом живлення для таких шкочинних комах, як попелиця. Шкода від попелиць полягає не лише в механічному травмуванні рослин гороху, а й у тому, що вони поширюють різні хвороби, зокрема й вірусні.

Наші дослідження передбачали встановити рівень забур'яненості посівів гороху залежно від норми висіву. Перше визначення проводили навесні у фазу появи сходів гороху, а друге – перед збиранням урожаю (табл. 1).

Згідно з проведеними спостереженнями й обліками встановлено, що на дослідних ділянках переважали такі види бур'янів: осот рожевий (*Cirsium arvense*), березка польова (*Convolvulus arvensis*) – з багаторічних; лобода біла (*Chenopodium album*), щириця звичайна (*Amarantus retroflexus*), гірчак березкоподібний (*Poligonum convolvulus*), мишій сизий (*Setaria glauca*), ромашка непахуча (*Matricaria perforata*), куряче просо (*Echinochloa crus-galli*) – серед однорічних.

1. Вплив норми висіву на забур'яненість посівів гороху, шт./га (2018–2019 рр.)

Норма висіву млн шт./га	Фаза повних сходів гороху		Перед збиранням	
	однорічних	багаторічних	однорічних	багаторічних
0,8	2,8	1,3	31,8	2,5
1,0	3,1	1,2	24,6	1,5
1,2	2,0	1,2	20,5	1,2

За даними таблиці 1, ступінь забур'яненості у варіантах досліді при першому обліку була незначною – 3,2–4,1 шт./м². Мала кількість бур'янів у посіві пояснюється тим, що в господарстві проводили досходове боронування гороху, що значно пошкодило сходи однорічних бур'янів. Дещо іншою була ступінь забур'яненості перед збиранням гороху. Найвища її кількість була у варіанті, де норма висіву гороху становила 0,8 млн шт./га – 34,3 шт./м². Через зрідженість посіву культурні рослини не могли пригнічувати розвиток бур'янів. Збільшення норм висіву до 1,0 млн шт./га призвело до проростання дещо меншої кількості бур'янів – на момент перед збиранням гороху їхня кількість становила 26,1 шт./м². Найменша забур'яненість була у варіанті з нормою висіву 1,2 млн шт./га і становила 21,7 шт./м².

Одним з важливих завдань наших досліджень було встановити вплив норми висіву на урожайність зерна гороху. Різні величини показників елементів продуктивності по варіантах досліді сформували різну урожайність, яка представлена в таблиці 2.

2. Формування елементів продуктивності та урожайності гороху залежно від норми висіву

Норма висіву, млн шт./га	Кількість рослин перед збиранням, з 1 м ²	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насіння з 1 рослини, шт.	Маса насіння з 1 рослини, г	Урожайність, т/га (2018–2019 рр.)
0,8	64	6,6	33,0	3,3	1,9
1,0	78	6,5	30,5	2,9	2,2
1,2	89	6,1	30,5	2,7	2,4

Більш сприятливим за погодними умовами був 2018 рік, який під час вегетації гороху характеризувався достатньою кількістю вологи і тепла. Цього року сформувалася вища урожайність, яка в середньому за варіантами досліді становила 2,5 т/га. Менш сприятливим для росту і розвитку гороху був 2019 рік. Цього року погода була спекотна, часом – дощова погода. Тому й урожайність сформувалась невисока – в середньому 1,8 т/га, що на 7,1 ц/га менше, ніж 2018 року. Особливо низька врожайність спостерігалась у варіанті з нормою висіву 0,8 млн шт./га – 1,62 т/га. Це зумовлено тим, що рослин там було найменше, а значить – менше зерна сформувалось на одиниці площі.

У середньому за два роки досліджень найвища урожайність гороху сорту Мадонна сформувалась у варіанті з нормою висіву 1,2 млн шт./га і склала 2,4 т/га. При зменшенні норми висіву до 1,0 і 0,8 млн шт./га зменшувалась і урожайність – на 0,19 і 0,41 т/га, тобто на 8,1 і 17,4 %.

Отже, проведені дворічні дослідження з визначення впливу норми висіву на формування насінневої продуктивності гороху безлисточкового типу свідчать про те, що цей агрозахід є важливим елементом у технології вирощування цієї культури. Встановлено, що нормою висіву можна певним чином регулювати чисельність бур'янів у агроценозі та урожайність насіння з одиниці площі. Зокрема те, що насіннева продуктивність гороху залежить не лише від погодних умов вегетаційного періоду, а й від норми висіву, висвітлено в роботах науковців О. В. Ільєнка (2012), В. В. Лихочвора, М. О. Андрушка (2019), Н. В. Нікончука

(2017), Філатової І. А. (2019) [15, 23, 28, 33]. Хоча їхні рекомендації щодо оптимальної норми висіву гороху відрізняються від одержаних нами результатів досліджень.

Висновки

При зменшенні норми висіву гороху (0,8 млн шт./га) рослини мають більшу площу живлення, але зріджений посів не може конкурувати з бур'янами. Зменшення норми висіву до 0,8 млн шт./га сприяє незначному зростанню показників елементів структури урожайності: кількості бобів на рослині, кількості й маси насіння з рослини. Найвища урожайність гороху сорту Мадонна сформувалась у варіанті з нормою висіву 1,2 млн шт./га і становить в середньому 2,4 т/га.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому доцільно продовжити дослідження сортів гороху безлисточкового типу, враховуючи вибір оптимальної площі живлення шляхом оптимізації норми висіву.

References

1. Hlubokyi, O. M., Sheliakin, O. O., Avramenko, S. V., Ohurtsov, Yu. Ye., & Tsekhmeistruk, M. H. (2014). Vusatyi horokh. Nove oblychchia davnoi kultury. *Ahronom*, 2, 104–106 [In Ukrainian].
2. Afinogentova, N. V., & Fadeeva, A. N. (1996). Normy vyseva bezlistochkovogo sorta goroha. 75 let Tatarskomu NII selskogo hozyajstva: tezisy dokladov. Kazan [In Russian].
3. Boltovskaya, Ya. I. (1971). Nekotorye osobennosti rosta i razvitiya rastenij goroha pri raznyh normah vyseva i sposobah poseva v usloviyah stepnoj zony Ukrainy. In *Normy vyseva, sposoby poseva i ploshadi pitaniya selskohozyajstvennykh kultur: sbornik statej* (s. 165–170). Moskva: Kolos [In Russian].
4. Budilov, A. P., Voskobulova, N. I., & Soloveva, V. N. (2016). Norma vyseva goroha i ee vliyanie na produktivnost zelenoj massy v zavisimosti ot strokov uborki v usloviyah stepnoj zony Orenburgskogo Preduralya, *Agronomiya i Lesnoe Hozyajstvo*, 51–55 [In Russian].
5. Buchynskyi, I. M., & Lykhochvor, V. V. (2018). Vyroshchuvannya horokhu v Ukraini. Doslidzhuemo normy vysivu. *Ahronom*, 4. Retrived from: <https://www.agronom.com.ua/goroh-povernuvsyia-v-ukrayinu>. [In Ukrainian].
6. Hyrka, A. D., Sydorenko, Yu. Ia., Ilienکو, O. V., & Bochevar, O. V. (2013). Sposoby pidvyshchennia zernovoi produktyvnosti horokhu v pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Biuletен Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 5, 58–63 [In Ukrainian].
7. Gyrka, A., Tklich, I., Sydorenko, J., Bochevar, O., & Il'ienko, O. (2018). Actual aspects of technique of growing pease in conditions of Northern Steppe of Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 96 (2), 31–35. doi: 10.31073/agrovisnyk201802-05.
8. Golopyatov, M. T. (1986). Polevaya vshozhest i vyzhivaemost rastenij goroha v zavisimosti ot norm ih vyseva i uslovij mineralnogo pitaniya. *Nauchno-tehnicheskij Byulleten VNIIZBiKK*, 72–75 [In Russian].
9. Goroh, perspektivy dlya Ukrainskih agrariев. *Agroperspektiva*. Retrived from: <https://agroperspektiva.com.ua/ru/goroh-perspektivy-dlja-ukrainskih-agrariев>. [In Russian].
10. Didenko, S. A. (2000). Osobennosti formirovaniya produktivnosti sortov goroha v zavisimosti ot ploshadi pitaniya, normy i glubiny poseva semyan na obyknovennom chornozeme Priazovskoj zony Rostovskoj oblasti. *Extended abstract of candidate's thesis*. Persianovskij [In Russian].
11. Dospheov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy): 5-e izd., dop. i pererab.* Moskva: Agropromizdat [In Russian].
12. Dmytrenko, P. O., & Vytrykhovskiy, P. I. (1975). *Udobrennia ta hustota posivu polovykh kultur*. Kyiv: Urozhai [In Ukrainian].
13. Zelenov, A. N., Zelenov, A. A., Bobkov, S. V., Kononova, M. E., Tolkacheva, M. A., & Gusarova, I. L. (2017). Urozhaj i kachestvo semyan razlichnyh po arhitektonike lista obrazcov goroha v zavisimosti ot plotnosti poseva. *Zernobobovye i Krupyanye Kultury*, 4, 33–38 [In Russian].
14. Ziganshin, A. A. (1971). O teoreticheskikh osnovah ploshadi pitaniya i normy vyseva goroha. In *Normy vyseva, sposoby poseva i ploshadi pitaniya selskohozyajstvennykh kultur, sbornik statej* (s. 157–159). Moskva: Kolos [In Russian].
15. Ilienکو, O. V. (2012). Vykorystannia gruntovoi volohy posivamy horokhu vusatoho morfolohichnogo typu zalezno vid norm vysivu nasinnia v umovakh pivnichnogo Stepu Ukrainy. *Biuletен Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 2, 90–94 [In Ukrainian].
16. Ishchenko, V. A. (2013). Elementy tekhnolohii – rezerv pidvyshchennia urozhainosti horokhu v Stepu. *Naukovo-tekhnichnyi Biuletен IOKNAAN*, 18, 85–92 [In Ukrainian].

17. Kalashnikov, V. T. (1987). Norma vyseva i semennaya produktivnost goroha. *Selekciya i Semenovodstvo*, 2, 32–33 [In Russian].
18. Kandakov, N., & Bolynedvorova, S. (1988). Vliyanie norm vyseva na urozhajnye svojstva i posevnye kachestva goroha. *Uralskie Nivy*, 4, 17 [In Russian].
19. Kildyashev, T. G. (1985). Sroki poseva i normy vyseva goroha na zerno i zelenyj korm v zone chernozemnyh pochv Yuzhnogo Preduralya. *Doctor's thesis*. Orenburg [In Russian].
20. Kukresh, L. V., & Lukashevich, N. P. (1991). Optimizaciya gustoty poseva goroha. *Puti Povysheniya Urozhajnosti Polevyh Kultur*, 22, 79–84 [In Russian].
21. Kuleshova, M. K. (1988). Priemy intensifikacii vozdeliyvaniya goroha i obosnovanie sposobov poseva i norm vyseva. *Povyshenie produktivnosti zernovyh kultur pri intensivnom zemledelii: Nauchnye Trudy Kamennaya Step*, 73–84 [In Russian].
22. Lipes V.E. (1971). Sposoby poseva i normy vyseva zernobobovyh kultur v zasushlivykh rajonah USSR. In *Sbornik nauchnyh trudov: Normy vyseva, sposoby poseva i ploshadi pitaniya selskohozyajstvennyh kultur* (s. 472). Moskva: Kolos [In Russian].
23. Lykhochvor, V., & Andrushko, M. (2019). Yield of pea of madonna variety depending on sowing rates. *Scientific Horizons*, 85 (12), 53–59. doi: 10.33249/2663-2144-2019-85-12-53-59.
24. Lihochvor, V. V. (2000). Formula rascheta norm vyseva zernovyh kultur pri resursoberegayushej tehnologii. *Zernovye Kultury*, 2, 9–11 [In Russian].
25. Marynokha, P. (2011). Horokh zamist chornoho paru. *Propozytsiia*, 3, 72–73 [In Ukrainian].
26. Miroshnychenko, I. V. (2006). Vplyv shchilnosti posivu na urozhainist ta inshi kilkisni oznaky sortiv horokhu riznogo morfotipu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 30–37 [In Ukrainian].
27. Mihajlovskij, A. I. (2002). Vysokie urozhai goroha – norma: Polevodstvo i lugovodstvo. *Zemledelie*, 1, 24–25 [In Russian].
28. Nikonchuk, N. V. (2017). Vplyv normy vysivu ta udobrennia na produktyvnist horokhu vusatoho v umovakh pivdennoho Stepu. *Materily Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii «Perlyny stepovoho kraiu»*. Mykolaiv: MNAU [In Ukrainian].
29. Prots, R., & Kondratiuk, S. (2017). Za vrozhaivosti 50 ts/ha horokh – odna z naitsikavishykh kultur. *Ahronom*, 2, 150 [In Ukrainian].
30. Razumova, A. V. (2005). Formirovanie urozhaya razlichnyh tipov i sortov goroha v zavisimosti ot norm vyseva semyan i fona pitaniya na seroj lesnoj pochve Volgo–Vyatskogo regiona. *Candidate's thesis*. Cheboksary [In Russian].
31. Tedeeva, A. A., Hohoeva, N. T., & Abaev, A. A. (2014). Vliyanie norm vyseva na osveshennost, zasorennost i polegaemost goroha. *Izvestiya Gorskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, 51 (4), 38–43 [In Russian].
32. Tymoshenko, H. Z., Kovalenko, A. M., & Novokhyzhnyi, M. V. (2018). Efektyvnist deiakykh elementiv tekhnologii vyroshchuvannia horokhu v pivdennomu Stepu. *Bioadaptivni Tekhnologii Vyroshchuvannia Polovykh ta Kormovykh Kultur*, 16–18 [In Ukrainian].
33. Filatova, I. A. (2019). Produktivnost goroha i elementy struktury urozhaya v zavisimosti ot normy vyseva. *Zemledelie*, 2, 36–38 [In Russian].
34. Cherenkov, A. V., Klysha, A. I., Hyrka, A. D., & Kulinich, O. O. (2014). *Zernobobovi kultury: suchasni tekhnologii vyroshchuvannia: monohrafiia*. Dnipropetrovsk: Aktsent PP [In Ukrainian].
35. Shevchenko, A. M. (2007). Novi tekhnolohichni sorty na vidnovlennia vyrobnytstva horokhu. *Ahronom*, 3, 88–89 [In Ukrainian].
36. Shnyrikov, V. G. (1971). Izuchenie norm vyseva i sposobov poseva goroha v severo–vostochnoj chasti Belorussii. In *Sbornik nauchnyh trudov: Normy vyseva, sposoby poseva i ploshadi pitaniya selskohozyajstvennyh kultur* (s. 174). Moskva: Kolos [In Russian].

Стаття надійшла до редакції 17.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шокало Н. С., Бажан Б. О., Озаров А. С. Формування насінневої продуктивності гороху залежно від норми висіву. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 61–66.

© Шокало Наталія Сергіївна, Бажан Богдан Олексійович, Озаров Андрій Сергійович, 2020



original article | UDC 664.8.032 : 634.23 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.07

THE INFLUENCE OF POLYSACCHARIDE COMPOSITION TREATMENT ON CHERRY FRUITS ANTIOXIDANT ENZYMES UNDER STORAGE

O. V. Vasylyshyna

ORCID  [0000-0002-1066-4009](https://orcid.org/0000-0002-1066-4009)

Uman National University of Horticulture, 1, Instytutska str., Uman, 20301, Ukraine
E-mail: elenamila@i.ua,

The effect of treatment with a solution of chitosan with salicylic acid on changing respiration rate and activity of antioxidant enzymes of cherry fruits during storage has been shown in the article. The researches were carried out during the years 2016–2019 with the fruit of Alfa and Pamiat Artemenka cherry varieties grown at L.P. Symyrenka Pomology Research Station of the Institute of Horticulture of the NAAS. Trees were planted in 2005 according to the 5 x 3 m pattern and row spacing was weed-free fallow land. For conducting research, 15 trees of each variety were sprayed with 100 mg/l of salicylic acid a day before harvesting; 1 % solution of chitosan with salicylic acid (100 mg/l) and then cherries were dried for 24 hours. They were picked from trees in four different places of the crown in the consumer stage of ripeness of each variety and type of treatment, placed in boxes №5 weighing 5kg for storage at a temperature of $1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $95 \pm 1\%$. Untreated cherries were taken for control. The experiment was repeated three times. According to the research results, the respiration rate of Pamiat Artemenka and Alpha cherry fruit varieties decreased from 12 to 11 ml of $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$ during 15 days of storage. Pre-treatment of cherry fruits with salicylic acid solution enabled to reduce respiration rate by 9–15.4 %. When treated with a solution of salicylic acid with chitosan, it decreased by 27–38 %. By the end of storage, the respiration rate had fallen to 1–3 ml of $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$. Catalase enzyme content in the control variant decreased by 1.8–2 times. When treating cherry fruits of Pamiat Artemenka and Alpha varieties with salicylic acid solution, catalase losses were reduced by 46–50 %. The combination of salicylic acid with chitosan contributed to berries' lower losses – by 30.8–35.7 %. During refrigerated storage, ascorbate peroxidase activity increased significantly in all variants of the experiment as compared with 11–25 % in the control. Cherry fruit pretreatment increased its activity by 33–37.5 % for cherry fruits treated with salicylic acid solution and by 44–50 % for fruits treated with salicylic acid and chitosan solution. Thus, cherry fruit pre-treatment resulted in reducing the respiration rate by 27–38 % and also preventing the oxidative stress of the fruits, which is evidenced by 30.8–35.7% higher catalase activity and ascorbate peroxidase activity – by 44–50 %, as compared with untreated cherry fruits.

Key words: cherry fruits, enzymes, respiration rate, catalase.

ВПЛИВ ОБРОБКИ ПОЛІСАХАРИДНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ НА АНТИОКСИДАНТНІ ФЕРМЕНТИ ПЛІДІВ ВИШНІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

О. В. Василишина,

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

У статті показано вплив обробки розчином хітозану з саліциловою кислотою на зміну інтенсивності дихання та активності антиоксидантних ферментів плодів вишні протягом зберігання. Дослідження проводили протягом 2016–2019 років з плодами вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка, вирощених на дослідній станції помології імені Л. П. Симиценка ІС НААН. Дереву 2005 року садіння за схемою 5 x 3 м., міжряддя перебували під чорним паром. Для проведення досліджень 15 дерев ко-

жнього сорту за день до збирання врожаю обприскували розчином 100 мг/л саліцилової кислоти; 1 % розчином хітозану з саліциловою кислотою (100 мг/л), висушували протягом 24 год. Знімали з дерев та чотирьох різних місць крони у споживчій стадії стиглості, кожного сорту та виду обробки, закладали в ящики №5 вагою 5 кг на зберігання за температури $1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 95 ± 1 %. Як контроль брали необроблені плоди вишні. Повторність досліду трикратна. Як показали результати досліджень, інтенсивність дихання плодів вишні сортів Пам'ять Артеменка та Альфа протягом 15 днів зберігання знизилась з 12 до 11 мл $\text{CO}_2/\text{кг} \cdot \text{год}$. Попередня обробка плодів вишні розчином саліцилової кислоти дала змогу зменшити інтенсивність дихання на 9–15,4 %. За умови обробки їх розчином саліцилової кислоти з хітозаном вона зменшилась на 27–38 %. До кінця зберігання інтенсивність дихання спала на 1–3 мл $\text{CO}_2/\text{кг} \cdot \text{год}$. Вміст ферменту каталази в контролі знизився в 1,8–2 рази. За умови обробки плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка і Альфа розчином саліцилової кислоти втрати каталази зменшились на 46–50 %. Поєднання саліцилової кислоти з хітозаном, сприяло ще меншим її втратам – 30,8–35,7 %. Протягом холодильного зберігання активність аскорбатпероксидази значно збільшилась у всіх варіантах досліду на 11–25 % в контролі. Попередня обробка плодів вишні підвищила активність на 33–37,5 % для плодів вишні, оброблених розчином саліцилової кислоти та на 44–50 % для плодів, оброблених розчином хітозану з саліциловою кислотою. Отже, попередня обробка плодів вишні дала змогу знизити інтенсивність дихання на 27–38 %, а також запобігти окислювальному стресу плодів, про що свідчить вища активність каталази 30,8–35,7 % та аскорбатпероксидази – 44–50 %, порівняно з необробленими плодами вишні.

Ключові слова: плоди вишні, ферменти, інтенсивність дихання, каталаза.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЛИСАХАРИДНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ ФЕРМЕНТЫ ПЛОДОВ ВИШНИ ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ

Е. В. Василишина,

Уманский национальный университет садоводства, г. Умань, Украина

В статье показано влияние обработки раствором хитозана с салициловой кислотой на изменение интенсивности дыхания и активности ферментов при хранении плодов вишни. Исследования проводились в течение 2016–2019 годов с плодами вишни сортов Альфа и Память Артеменко, выращенных на исследовательской станции помологии имени Л. П. Симиренко ИС НААН. Деревья 2005 посадки по схеме 5 х 3 м. Междурядья находятся под черным паром. Для проведения исследований 15 деревьев каждого сорта за день до сбора урожая опрыскивали раствором 100 мг/л салициловой кислоты, 1 % раствором хитозана с салициловой кислотой (100 мг/л), высушивали в течение 24 часов. Снимали с деревьев и с четырех различных мест кроны в потребительской стадии зрелости, каждого сорта и вида обработки, закладывали в ящики № 5 весом 5 кг на хранение при температуре $1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95 ± 1 %. Как контроль брали необработанные плоды вишни. Повторность опыта трехкратная. Как показали результаты исследований, интенсивность дыхания плодов вишни сортов Память Артеменко и Альфа в течение 15 дней хранения снизилась с 12 до 11 мл $\text{CO}_2/\text{кг} \cdot \text{ч}$. Предварительная обработка плодов вишни раствором салициловой кислоты позволила уменьшить интенсивность дыхания на 9–15,4 %. При обработке их раствором салициловой кислоты с хитозаном она уменьшилась на 27–38 %. К концу хранения интенсивность дыхания снизилась на 1–3 мл $\text{CO}_2/\text{кг} \cdot \text{ч}$. Содержание фермента каталазы в контроле уменьшилось в 1,8–2 раза. При обработке плодов вишни сортов Память Артеменко и Альфа раствором салициловой кислоты каталазная активность снизилась на 46–50 %. Сочетание салициловой кислоты с хитозаном, способствовало еще меньшим потерям – 30,8–35,7 %. В течение холодильного хранения активность аскорбатпероксидазы значительно увеличилась во всех вариантах опыта на 11–25 % в контроле. Предварительная обработка плодов вишни повысила активность на 33–37,5 % для плодов вишни, обработанных раствором салициловой кислоты и на 44–50 % для плодов, обработанных раствором хитозана с салициловой кислотой. Таким образом, обработка плодов вишни позволила снизить интенсивность дыхания на 27–38 %. Что в свою очередь предотвратило окислительный стресс плодов, о чем свидетельствует высокая активность каталазы 30,8–35,7 % и аскорбатпероксидазы на 44–50 %.

Ключевые слова: плоды вишни, ферменты, интенсивность дыхания, каталаза.

Вступ

Плоди вишні користуються попитом у населення завдяки своїм високим споживчим властивостям та є джерелом антиоксидантів, включаючи поліфеноли, вітаміни, антоціани, каротиноїди [1, 2]. Однак вони швидко псуються та мають короткий термін зберігання через механічні пошкодження, захворювання, що обмежує їхнє зберігання після збирання. На сьогодні існують такі методи зберігання, як модифіковане й регульоване газове середовище, які не дають змоги повністю зберегти споживчі якості плодів.

Новим та перспективним методом для подовження терміну їх зберігання є їстівні покриття на основі гідроколоїдів, включаючи білки, полісахариди, карагенан, альгінат, пектини, крохмаль; ліпіди, ацилгліцерин, воски та композити. Їстівні покриття діють як фізичний бар'єр на поверхні плодів, що знижує проникність для кисню, диоксиду вуглецю, вологи та призводить до зниження частоти дихання, транспірації і сповільнення процесу дозрівання. Найбільшого поширення та застосування набули харчові покриття на основі полісахаридів такі як хітозан, альгінат, крохмаль та ін. [2, 3].

Хітозан – високомолекулярний полісахарид, отриманий шляхом дезацетилювання хітину, та є побічним продуктом індустрії морепродуктів. На поверхні плодів хітозан утворює покриття, що подовжує термін зберігання, знижує швидкість дихання, зберігає щільність і регулює ріст мікрофлори плодів. Тому покриття на основі хітозану вважаються кращими харчовим і біологічно безпечним для плодів через відсутність токсичності і їх біорозчинності.

Покриття на основі хітозану використовують до і після збору врожаю в поєднанні з холодильним зберіганням воно ефективно для подовження терміну зберігання черешні, сливи, персика. Крім того, хітозанове покриття затримує старіння плоду, яке пов'язане з ферментативними і неферментативними антиоксидантними системами. До неферментативної антиоксидантної системи плодів, зокрема вишні та черешні, входять феноли та антиоксиданти. Антиоксидантні ферменти, такі як каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза, є основними для поглинання кисню та попередження окислення клітин [3]. За даними [1] була визначена активність ферменту супероксиддисмутази в черешні на рівні 7,176 од/л і каталази 4,333 од/л з високими антиоксидантними властивостями.

Фермент каталаза є антиоксидантним ферментом, який каталізує розкладання перекису водню на воду і кисень, знижуючи шкідливі впливи, спричинені вільними радикалами. Фермент супероксиддисмутаза відіграє важливу роль у захисті клітин від захворювань раку [1].

Попередня обробка плодів перед зберіганням впливає на ферментативну активність. Обробка розчином хітозану персика призводить до зміни поліфенолоксидази, яка спочатку зберігання збільшується, а далі зменшується. Пероксидаза – антиоксидантний фермент, який каталітично розкладає перекис водню в біосинтезі лігніну. Пероксидазна активність у плодів, оброблених хітозаном, вища ніж у контролі [4].

Окислювальний стрес у рослинних клітинах включає накопичення вільних радикалів, активних форм кисню (АФК), таких як супероксидний радикал. АФК генеруються в рослинних клітинах внаслідок метаболізму в реакціях каталізованих оксидазою і ліпоксигеназою. В результаті β -окислення жирних кислот вони постійно видаляються ферментативними і неферментативними системами. Отже, вміст АФК у клітинах рослин залежить від їх продукуючих систем і механізму видалення. До неферментативних з'єднань входять відновлені форми аскорбату, токоферолів, фенолів, алкалоїдів; до ферментативних механізмів: супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза, аскорбатпероксидаза. Не зважаючи на наявність цих систем, окислювальне пошкодження трапляється в рослинних клітинах через неефективну утилізацію АФК, що відбувається у стресових умовах і пов'язано зі старінням та проходить під час зберігання.

Саліцилова кислота і її похідні (ацетилсаліцилова й метилсаліцилова) є рослинними гормонами, що відіграють важливу роль в фізіологічних процесах, зокрема і стійкості до стресу. Тому післязбиральна обробка саліцилатами попереджає псування, підвищує стійкість до хвороб, покращує зовнішній вигляд і харчову цінність [5, 6]. Зокрема, використовується для обробки абрикос, гранату, черешні, ківі. Попередня обробка саліциловою кислотою персика призвела до зниження вільних радикалів супероксиддисмутази і активності ліпоксигенази і підвищення активності антиоксидантних ферментів: каталази, аскорбатпероксидази протягом зберігання порівняно з контрольними плодами [7, 8].

Оброблені саліциловою кислотою персики 1,5 мМ протягом 15 діб до збору врожаю, які зберігали при 1 °C протягом 28 днів, мали вищу активність ферментів каталази, аскорбатпероксидази, супероксиддисмутази [9].

Попередня обробка хітозаном з саліциловою кислотою плодів черешні знижує втрати маси і дихання, обмежує збільшення малонового діальдегіда, запобігає втраті сухих розчинних речовин та аскорбінової кислоти. Інтенсивність дихання знижується в результаті обмеженого газообміну між плодами і навколишнім середовищем.

Низька концентрація малонового діальдегіда може бути пов'язана з синергетичним ефектом хітозана з саліциловою кислотою. Хітозан посилює активність каталази в черешні. Окислювальний стрес та накопичення кисню і пероксиду водню і захист від нього залежить від наявності антиоксидантних ферментів супероксиддисмутази, каталази, аскорбатпероксидази, що запобігають його появі [10, 11, 12].

Однак на сьогодні відсутні відомості про вплив розчину хітозану з саліциловою кислотою на зміну інтенсивності дихання та ферментативної антиоксидантної активності плодів вишні.

Метою досліджень було визначити вплив обробки хітозану з саліциловою кислотою на ферментативну активність плодів вишні протягом зберігання.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили протягом 2016–2019 років з плодами вишні сортів Альфа і Пам'ять Артеменка, вирощених на дослідній станції помології імені Л. П. Симиренка ІС НААН. Дерева 2005 року садіння за схемою 5 x 3 м, міжряддя перебувають під чорним паром. Для проведення досліджень 15 дерев кожного сорту за день до збирання врожаю обприскували розчином 100 мг/л саліцилової кислоти; 1 % розчином хітозану з саліциловою кислотою (100 мг/л), висушували протягом 24 год. Знімали з дерев та чотирьох різних місць крони у споживчій стадії стиглості, кожного сорту та виду обробки, закладали в ящики №5 вагою 5 кг на зберігання за температури $1 \pm 0,5$ °C та відносної вологості повітря 95 ± 1 %. Як контроль брали необроблені плоди вишні. Повторність дослідів трикратна.

Підготовку та відбір зразків для аналізу здійснювали згідно з ДСТУ ISO 874-2002 [13, 14].

Протягом зберігання визначали інтенсивність дихання плодів вишні [15] та активність ферменту каталази та аскорбатпероксидази [16]. Критерієм закінчення зберігання плодів служили втрати маси не більше 6 % [15]. Повторність дослідів трикратна. Математичну обробку даних проводили на персональному комп'ютері за В. Ф. Мойсейченко (1992) та програмою «Excel 2000» [17].

Результати досліджень та їх обговорення

Як показали результати досліджень (рис. 1), інтенсивність дихання плодів вишні протягом 15 днів зберігання знизилась з 12 до 11 мл $\text{CO}_2/\text{кг} \cdot \text{год}$.

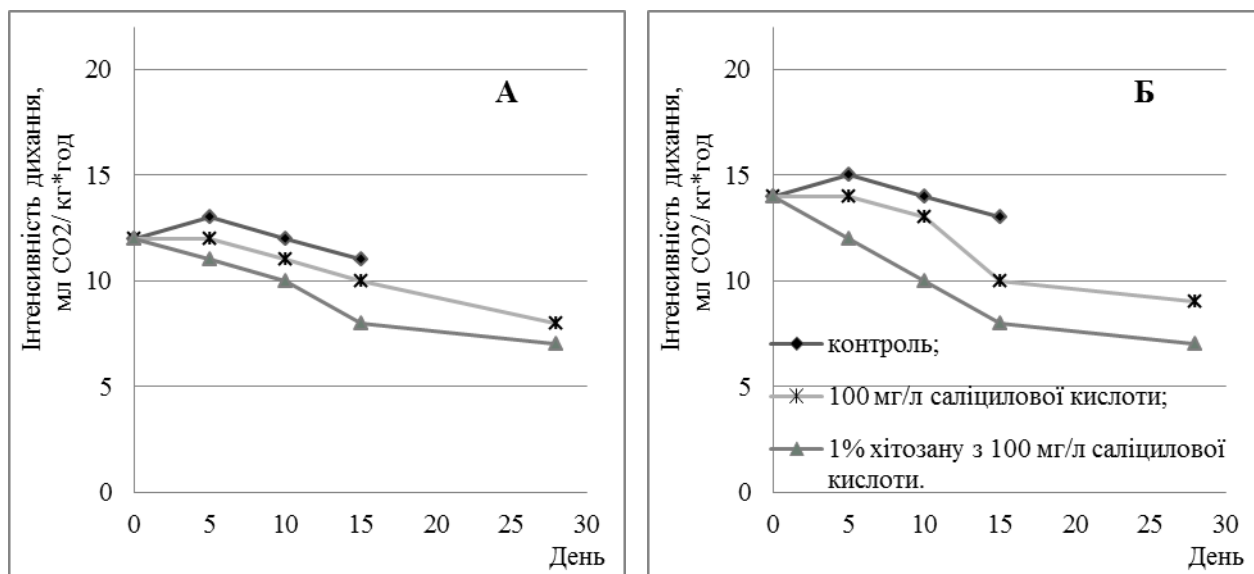


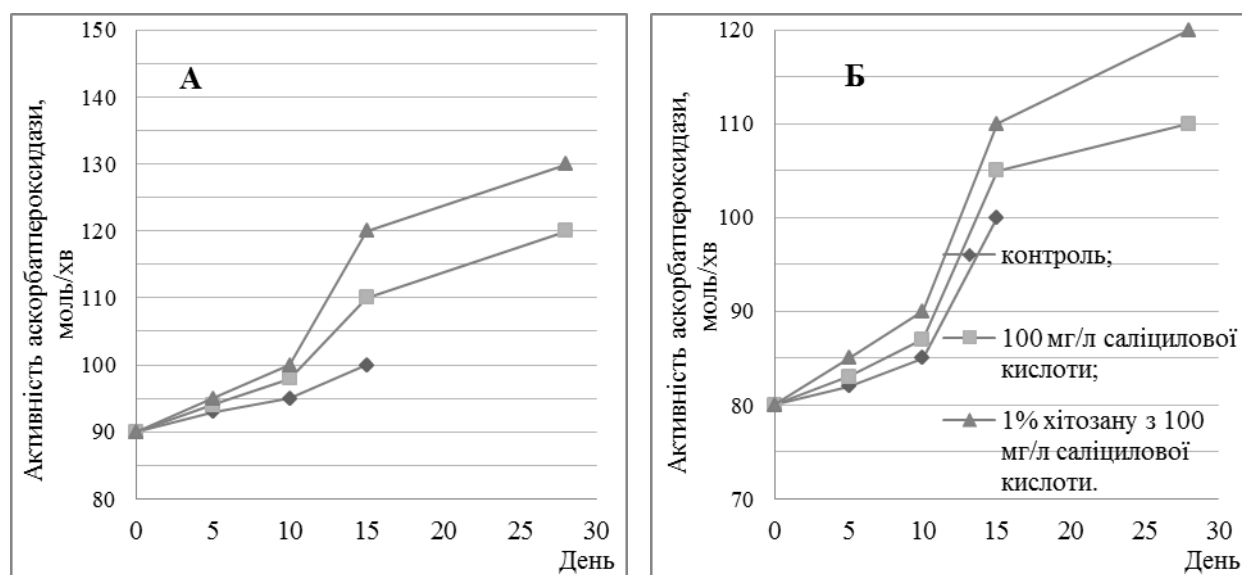
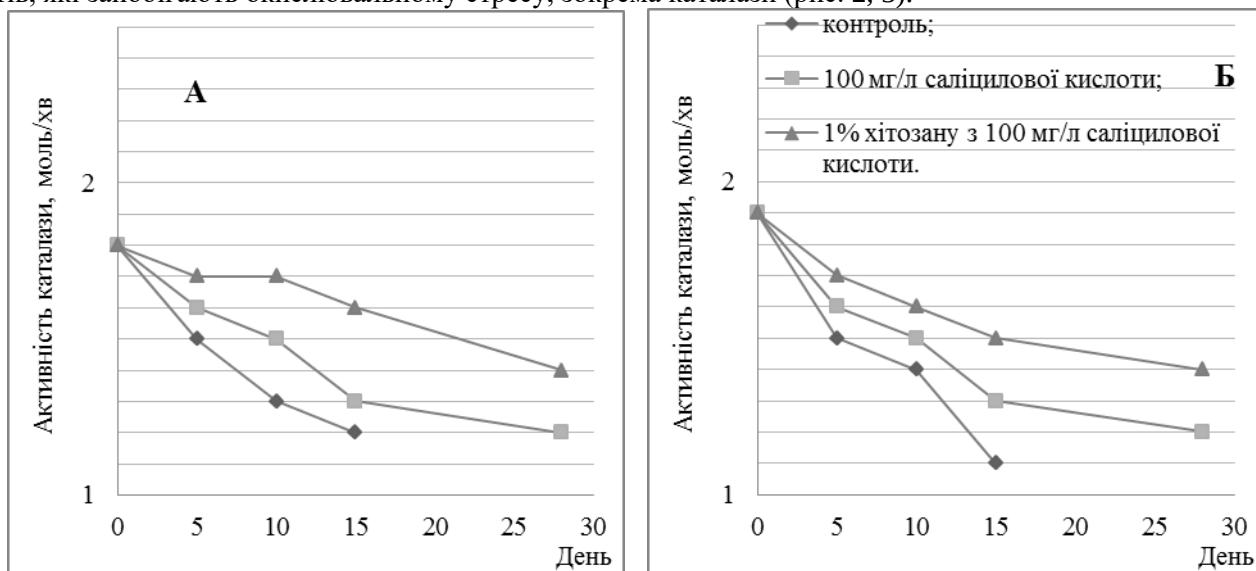
Рис. 1 Зміна інтенсивності дихання у плодах вишні сортів Пам'ять Артеменка (А) та Альфа (В), оброблених розчином хітозану з саліциловою кислотою перед зберіганням ($\text{HPR}_{05} = 1,6$)

Попередня обробка плодів вишні розчином саліцилової кислоти з хітозаном сприяла подовженню терміну зберігання до 30 діб. Інтенсивність дихання плодів за умови обробки розчином саліцилової

кислоти на 15 добу зберігання для плодів вишні сорту Пам'ять Артеменка та Альфа знизилася на 9–15,4 % порівняно з контролем. Обробка плодів вишні розчином саліцилової кислоти з хітозаном дала змогу знизити інтенсивність дихання на 27–38 %.

До кінця зберігання інтенсивність дихання зменшилась несуттєво – на 1–3 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$.

Інтенсивність дихання плодів вишні протягом зберігання змінювалася разом з активністю ферментів, які запобігають окислювальному стресу, зокрема каталази (рис. 2, 3).



Вміст ферменту каталази у плодах протягом зберігання значно знизився в усіх варіантах досліджу. В контрольному варіанті він знизився в 1,8–2 рази. Обробка плодів вишні розчином хітозану з саліциловою кислотою сприяла підвищенню каталазної активності, яка відіграє важливу роль у стійкості клітин до окислення та видалення з клітин перекису водню, що попереджає процес старіння під час зберігання плодів [18, 19].

У плодах вишні сорту Пам'ять Артеменка і Альфа, оброблених розчином саліцилової кислоти, втрати каталази були менші на 46–50 %. Поєднання саліцилової кислоти з хітозаном сприяло меншим втратам вмісту каталази на 30,8–35,7 %.

Аскорбатпероксидаза разом з каталазою бере участь у детоксикації перекису водню. Протягом холодильного зберігання активність аскорбатпероксидази значно збільшилась у всіх варіантах досліду на 11–25 % в контролі (рис. 3).

Попередня обробка плодів вишні підвищила активність аскорбатпероксидази на 33–37,5 % для плодів вишні, оброблених розчином саліцилової кислоти, та на 44–50 % для плодів, оброблених розчином хітозану з саліциловою кислотою. Збільшення активності аскорбатпероксидази протягом зберігання кісточкових плодів, зокрема черешні, оброблених розчином хітозану, пов'язано з попередженням окислення та збереженням вмісту аскорбінової кислоти в оброблених плодах протягом зберігання про що також повідомляє Petriccione et al. (2015) [20].

Висновки

Отже, обробка розчином хітозану з саліциловою кислотою дала змогу знизити інтенсивність дихання на 27–38 %, а також запобігти окислювальному стресу плодів, про що свідчить вища активність каталази 30,8–35,7 % та аскорбатпероксидази – 44–50 % порівняно з необробленими плодами вишні. Тому для подовження терміну зберігання, сповільнення інтенсивності дихання і збереження ферментативної активності плоди вишні необхідно обробляти розчином хітозану із саліциловою кислотою.

References

1. Gür, T., Karahan, F., Demir, H., & Demir, K. (2019). A study of the activity of certain antioxidant enzymes in cherry fruits. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 16 (4), 725–729.
2. Li, L., Sun, J., Gao, H., Shen, Y., Li, H., Yi, P., He, X., Ling, D., Sheng, J., Li, J., Liu, G., & Zheng, F. (2017). Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Quality and Antioxidant Enzyme System of Strawberry during Cold Storage. *International Journal of Polymer Science*, 2017, 1–8. doi: 10.1155/2017/9746174.
3. Pasquariello, M. S., Di Patre, D., Mastrobuoni, F., Zampella, L., Scortichini, M., & Petriccione, M. (2015). Influence of postharvest chitosan treatment on enzymatic browning and antioxidant enzyme activity in sweet cherry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 45–56. doi: 10.1016/j.postharvbio.2015.06.007.
4. Liu, Y., Du, X. L., Li, X. Y., & Li, J. L. (2019). Effects of *Cryptococcus laurentii* and chitosan on postharvest decay and storage quality in stored peaches. *African Journal of Food Science and Technology*, 10 (2), 29–37. doi: 10.14303/ajfst.2019.006.
5. Saracoglu, O., Ozturk, B., Yildiz, K., & Kucuker, E. (2017). Pre-harvest methyl jasmonate treatments delayed ripening and improved quality of sweet cherry fruits. *Scientia Horticulturae*, 226, 19–23. doi: 10.1016/j.scienta.2017.08.024.
6. Habibi, F., Ramezani, A., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2019). Blood oranges maintain bioactive compounds and nutritional quality by postharvest treatments with γ -aminobutyric acid, methyl jasmonate or methyl salicylate during cold storage. *Journal of Food and Agriculture*, 15 (306), 125634. doi: 10.1002/jsfa.9920.
7. Martínez-Esplá, A., Serrano, M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Castillo, S., & Pedro, J. (2017). Zapata enhancement of antioxidant systems and storability of two plum cultivars by preharvest treatments with salicylates. *International Journal of Molecular Sciences*, 18 (9), 1911. doi: 10.3390/ijms18091911.
8. Giacalone, G., & Chiabrando, V. (2013). Modified atmosphere packaging of sweet cherries with biodegradable films. *International Food Research Journal*, 20 (3), 1263–1268.
9. Razavi, F., Hajilou, J., & Aghdam, M. S. (2018). Salicylic acid treatment of peach trees maintains nutritional quality of fruits during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 32 (1), 33–40.
10. Youzuo, Z., Meiling, Z., & Huqing, Y. (2015). Postharvest chitosan-g-salicylic acid application alleviates chilling injury and preserves cucumber fruit quality during cold storage. *Food Chemistry*, 174, 558–563.
11. Xiang, H., Sun-Waterhouse, D., & Ruan, Z. (2019). Business fermentation-enabled wellness foods. *A Fresh Perspective Published*. doi: 10.1016/j.fshw.2019.08.003.
12. Tijero, V., Teribia, N., & Munné-Bosch, S. (2018). Hormonal profiling reveals a hormonal cross-talk during fruit decay in sweet cherries. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38 (2), 431–437. doi: 10.1007/s00344-018-9852-5.

-
13. Dzheneeva, S. Ju., & Ivanchenko, V. I. (Eds.). (1998). *Metodicheskie rekomendacii po hraneniju plodov, ovoshhej i vinograda. Organizacija i provedenija issledovanij*. Jalta: Institut vinograda i vina «Magarach» [In Russian].
14. DSTU ISO 874-2002. *Frukty ta ovochi svizhi. Vidbyrannia prob*. Chynnyi vid 2003-10-01 [In Ukrainian].
15. Najchenko, V. M. (2001). *Praktikum z tehnologii zberigannja i pererobki plodiv ta ovochiv z osnovami tovaroznavstva: navchal'nij*. Kyiv: FADA LTD [In Ukrainian].
16. Pochinok, H. N. (1976). *Metody biohimicheskogo analiza rastenij*. Kiev: Naukova dumka [In Russian].
17. Mojsejchenko, V. F. (1992). *Osnovy naukovykh doslidzen u plodivnytstvi, ovochivnytstvi, vynohrardarstvi ta tekhnologii zberihannia plodoovochevoi produktsii*. Kyiv: NMK VO, [In Ukrainian].
18. Zheng, X., Tian, S., Meng, X., & Li, B. (2007). Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 104 (1), 156–162. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.11.015.
19. Vasylyshyna, O. (2019). Optimization of storage fruit foods with preparing processing by hytosan solution. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 103 (3), 80–87. doi: 10.31521/2313-092x/2019-3(103)-10.
20. Petriccione, M., De Sanctis, F., Pasquariello, M. S., Mastrobuoni, F., Rega, P., Scortichini, M., & Mencarelli, F. (2014). The Effect of Chitosan Coating on the Quality and Nutraceutical Traits of Sweet Cherry During Postharvest Life. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (2), 394–408. doi: 10.1007/s11947-014-1411-x.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Василишина О. В. Вплив обробки полісахаридними композиціями на антиоксидантні ферменти плодів вишні під час зберігання. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 67–73.

© Василишина Олена Володимирівна, 2020



**BULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMY**

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>



original article | UDC 633.78:631.522 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.08

PECULIARITIES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF COMMON CHICORY PLANTS BEFORE AND AFTER WINTERING

O. V. Tkach

ORCID  [0000-0002-1368-673X](https://orcid.org/0000-0002-1368-673X)

Podillia State Agrarian-Engineering University, 13, Shevchenko str., Kamianets-Podilskyi, 32302, Ukraine
E-mail: oleg.v.tkach@gmail.com

In recent years, we have observed the tendencies in the regularities of climate change that require appropriate corrections in crop cultivation technological operations, common (large-rooted) chicory, in particular. However, there are insufficient research data on the effect of cover crops, post-mowing and post-harvesting common chicory sown areas on seed productivity in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. This is the relevance and practical significance of the corresponding investigation. Main research methods were field and laboratory. The studies were conducted in the experimental field of Khmelnytskyi State Agricultural Research Station of the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of the NAASU during 2016–2018. The study results have shown that the highest field germination of common chicory seeds was under cover crops, namely under winter wheat cover – 37.2 %, which was 5.0 % higher than spring barley and 2.2 % higher than winter barley. It has been found that common chicory plants wintered by 82.4 % better after the post-mowing harvesting of vetch-oat mixture (for green feed), and also by 78.0 % after post-harvesting winter barley grain. The lowest wintering rate of chicory plants was obtained after crop under-sowing of winter wheat cover, only 51.0 %, which was 18 % less than under cover of spring barley and 14.9 % less than under winter barley cover. High yield of common chicory seeds was obtained from under-sowing of spring barley cover – 0.415 t/ha. The yield turned out to be slightly lower in the variants of winter wheat and winter barley cover under-sowing – 0.351 and 0.294 t/ha, respectively. In case of cultivating common chicory seeds by non-seedling method in post-mowing and post-harvesting plant areas, there was also a decrease in seed yield by 0.065 t/ha and 0.117 t/ha as compared with the variant of spring barley cover under-sowing. This was primarily connected both with moisture regime and temperature characteristics in May – August. The highest thousand-seed weight was in the variant of post-mowing cultivation – 1.39 g at seed yield of 0.350 t/ha, i.e., despite seed size, the yield was low. Such regularity testifies to thinning of crops because of insufficient moistening in the summer period, which was finally also reflected on seed productivity.

Key words: common (large-rooted) chicory, yield, thousand-seed weight, germination, cover crops, post-mowing and post-harvesting crops.

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПІДНОГО ДО І ПІСЛЯ ПЕРЕЗИМІВЛІ

О. В. Ткач,

Подільський державний аграрно-технічний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна

Останніми роками спостерігаємо тенденції до закономірностей зміни кліматичних умов, що вимагають внесення відповідних корективів у технологічні операції вирощування сільськогосподарських культур, зокрема цикорію коренеплідного. Проте дослідних даних щодо впливу підпокровних культур, післяжнивних і післяжнивних посівів цикорію коренеплідного на насіннєву продуктивність в умовах

Правобережного Лісостепу України недостатньо. У цьому й полягає актуальність та практичне значення відповідних досліджень. Основні методи досліджень – польовий та лабораторний. Дослідження виконувалися на дослідному полі Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції інституту кормів та сільського господарства Поділля НААНУ впродовж 2016–2018 років. Результати проведених досліджень свідчать, що найвища польова схожість насіння цикорію коренеплідного була під покривними культурами, а саме під покровом озимої пшениці – 37,2 %, що на 5,0 % вище ярого ячменю і на 2,2 % вище озимого ячменю. Встановлено, що краще перезимували рослини цикорію коренеплідного на варіантах від післяжнивного збирання вико–вівсяної суміші (на зелений корм) – 82,4 %, також на варіантах від післяжнивного збирання озимого ячменю на зерно – 78,0 %. Найменший показник перезимівлі рослин цикорію отримали від підсіву культури під покрив озимої пшениці лише 51,0 %, що на 18 % менше ніж під покровом ярого ячменю та на 14,9 % менше ніж під покровом озимого ячменю. Високу урожайність насіння цикорію коренеплідного одержали від підсіву під покрив ярого ячменю – 0,415 т/га. Деяко нижча урожайність виявилася на варіантах з підсівом під покрив озимої пшениці та озимого ячменю – 0,351 та 0,294 т/га, відповідно. За вирощування насіння цикорію коренеплідного безвисадковим способом у післяжнивних та післяжнивних посівах також спостерігається зниження врожайності насіння на 0,065 т/га та 0,117 т/га порівняно з варіантом від підсіву під покрив ярого ячменю. Це насамперед пов'язано як з режимом зволоження, так і температурними характеристиками у травні – серпні. Найвища маса 1000 насінин була у варіанті за післяжнивний вирощування – 1,39 г при врожайності насіння 0,350 т/га, тобто незважаючи на крупність насіння урожайність була невисокою. Така закономірність свідчить про зрідженість посівів через недостатнє зволоження в літній період, що в кінцевому результаті і відобразилось на урожайності насіння.

Ключові слова: цикорій коренеплідний, урожайність, маса 1000 насінин, схожість, підпокровні культури, післяжнивні і післяжнивні посіви.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ЦИКОРИЯ КОРНЕПЛОДНОГО ДО И ПОСЛЕ ПЕРЕЗИМОВКИ

О. В. Ткач,

Подольский государственный аграрно-технический университет, г. Каменец-Подольский, Украина

В последние годы наблюдаем тенденции в закономерностях изменения климатических условий, требующие внесения соответствующих корректив в технологические операции выращивания сельскохозяйственных культур, в частности цикория корнеплодного. Однако опытных данных о влиянии подпокровных культур, послеуборочных и пожнивных посевов цикория корнеплодного на семенную продуктивность в условиях Правобережной Лесостепи Украины мало. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что самая высокая полевая всхожесть семян цикория корнеплодного была под покровными культурами, а именно под покровом озимой пшеницы – 37,2 %, что на 5,0 % выше ярового ячменя и на 2,2 % выше озимого ячменя. Установлено, что лучше перезимовали растения цикория корнеплодного на вариантах от послеуборочного сбора вико–овсяной смеси (на зеленый корм) – 82,4 %, а также на вариантах от пожнивной уборки озимого ячменя на зерно – 78,0 %. Наименьший показатель перезимовки растений цикория получили от подсева культуры под покров озимой пшеницы только 51,0 %, что на 18 % меньше чем под покровом ярового ячменя и на 14,9 % меньше чем под покровом озимого ячменя. Высокую урожайность семян цикория корнеплодного получили от подсева под покров ярового ячменя – 0,415 т/га. Самая высокая масса 1000 семян была на варианте с послеуборочным выращиванием – 1,39 г.

Ключевые слова: цикорий корнеплодный, урожайность, масса 1000 семян, всхожесть, подпокровные культуры, послеуборочные и пожневные посевы.

Вступ

Однією з високопродуктивних культур різнобічного використання є цикорій коренеплідний (*Cichorium intibus*). Це – цінна лікарська, харчова й кормова рослина. Завдяки комплексу цінних і рідкісних для культурних рослин якостей цикорій коренеплідний вирощується в Білорусії, Бельгії, а та-

кож у деяких господарствах Центральної частини Росії [16, 19]. В Україні посівні площі складали більш 3,5 тис. га, а у світі – понад 70 тис. га [4, 10]. Сучасні сорти цикорію здатні формувати середню врожайність коренеплодів 50–60 т/га, насіння більше 0,5 т/га. Проте через недотримання та недосконалість технології вирощування й несприятливі кліматичні умови потенціал урожайності цикорію коренеплідного використовується лише на 30–50 % [1, 17].

Тому для максимальної реалізації потенціалу продуктивності цикорію коренеплідного важливо оптимізувати умови росту й розвитку рослин, які, насамперед, забезпечуються новітніми агротехнологіями, що передбачають правильне розміщення посівів у сівозміні, своєчасне та якісне виконання всіх агротехнічних заходів [9].

Низка вчених вивчали вплив елементів технології на умови росту, розвитку і продуктивність коренеплодів та встановили, що строки сівби необхідно пов'язувати з температурним режимом ґрунту й повітря [3, 14].

За твердженням А. О. Яценко (2002), одним з найбільш важливих питань безвисадкового насінництва цикорію коренеплідного є строк сівби. Вибір оптимального строку сівби найбільш дієвий і доступний засіб підвищення збереження зимуючих рослин [20].

О. В. Князюк, В. Ю. Богуславець та інші (2018) встановили, що основною передумовою вирощування насіння цикорію коренеплідного безвисадковим способом є можливість одержання оптимальних сходів у літній період і хороша їх перезимівля. Проте у виробничих умовах за літньої сівби польова схожість насіння не перевищує 30 %, а збереженість безвисадкових насінників у зимовий період ще недостатньо висока, в середньому вона становить 60,5 % [7].

Як показали дослідження В. П. Миколайка (2016), інтенсивність квіткоутворення цикорію коренеплідного найкраще відбувається за сівби цикорію коренеплідного весною під покрив іншої сільськогосподарської культури [11].

При підсіві насіння цикорію коренеплідного під основні культури – ячмінь озимий і ярий, проростання його проходить під покривом цих культур дещо по-іншому. Розвиток рослин у цьому випадку буде залежати від густоти й розвитку вегетативної маси покривної культури, рослини цикорію у фазі трьох справжніх листків можуть витягуватися у разі недостатньої кількості сонячного світла і енергії, гнити, і тільки після збирання основної культури починають інтенсивно розвиватися [5, 12].

Дослідження О. Є. Тарабріна (1998) підтверджують, що за сумісної сівби поліпшується мікроклімат поля безвисадкових насінників у зимовий період. Завдяки залишеній стерні після збирання покривної культури висота снігового покриву на 2–5 см, а температура на глибині головки коренеплоду на 0,5–2,5 °C вища, ніж у період літньої чистої сівби. Ці обставини сприяють підвищенню збереженості рослин у зимовий період, а в подальшому і їх насінневої продуктивності [15].

В. М. Кузьміч, А. О. Яценко (2016) вважають, що агрофітоценоз у рослин цикорію коренеплідного в поукісних і поживних посівах проходить в інших погодно-кліматичних умовах порівняно зі звичайними посівами. Особливо в літній період, який характеризується підвищеною температурою повітря і ґрунту. Верхній шар ґрунту швидко може пересихати і сходи з'являються зріджені із запізненням [8].

В. Н. Балан, А. Е. Тарабрин, А. В. Корнейчук (2001) стверджують, що в поукісних і поживних посівах завдяки подовженому вегетаційному періоду перед зимівлею одержують відносно крупні з добре розвиненим листовим апаратом, з декількома пазушними бруньками коренеплоди цикорію, які характеризуються підвищеним вмістом сухих речовин і цукру. Проте, незважаючи на переваги, цей спосіб не знайшов застосування у виробництві, головню, через недостатнє вивчення окремих технологічних процесів [2].

Тому з метою відпрацювання технології і впровадження вищезазначених способів у виробництво, необхідні дослідження як теоретичного, так і практичного характеру, направлені на вивчення взаємовідносин рослин у сумісних, післяукісних і післяжнивних посівах, особливості їх росту і розвитку, визначення найбільш придатної в агротехнічному відношенні покривної культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Мета досліджень – визначення впливу підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів цикорію коренеплідного на насінневу продуктивність в умовах Правобережного Лісостепу України.

Завдання досліджень: 1. Дослідити вплив підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів цикорію коренеплідного на польову схожість насіння в перший рік росту і розвитку рослин. 2. Проаналізувати вплив підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів на перезимівлю рослин цикорію коренеплідного у відкритому ґрунті. 3. Вивчити вплив підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів на урожайність і якість насіння цикорію коренеплідного.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на дослідному полі Уманської дослідно-селекційної станції впродовж 2016–2018 років. Вона розміщена в Маньківському природно-господарському районі, Дніпровсько-Бугського округу, Лісостепової Правобережної зони України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у шарі ґрунту 0–3 см становить 2,8–3,6 %. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом) становить 9,0–11,6 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чіріковим) 6,0–8,5 мг на 100 г ґрунту і обмінного калію (за Чіріковим) – 6,9–10,0 мг на 100 г ґрунту.

Фенологічні спостереження й біометричні дослідження проводили згідно з ДСТУ 4981:2008 [18] та методиками Б. А. Доспехова, В. Ф. Мойсейченка [6, 13].

Результати досліджень та їх обговорення

Результатом трирічних експериментальних досліджень встановлено, що підпокровні культури, поукісні і поживні посіви впливають на польову схожість насіння цикорію коренеплідного (табл. 1).

У середньому за три роки найвища польова схожість насіння цикорію коренеплідного була під покривними культурами, а саме під покровом озимої пшениці – 37,2 %, що на 5,0 % вище ярого ячменю і на 2,2 % вище озимого ячменю. Зниження польової схожості насіння цикорію відбувалося внаслідок затінення їх основною культурою і зменшення вологості ґрунту. На польову схожість насіння також впливає висота рослин та облиствленість покривної культури. Тому рослини цикорію коренеплідного, які під покровом озимої пшениці перебувають дещо у кращих умовах. У цьому випадку під покривною культурою добре розпушений ґрунт з підвищеною вологістю, що і підвищує польову схожість насіння.

1. Вплив підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів цикорію коренеплідного на польову схожість насіння в перший рік росту і розвитку рослин, %

Спосіб вирощування (фактор А)	Культура (фактор В)	Строк сівби насіння (фактор С)	Середнє за 2016–2018 рр.	
			лабораторна схожість	польова схожість
Підпокровний	озима пшениця	1.04–4.04	72,6	37,2
	ярий ячмінь	1.04–4.04	72,7	36,7
	озимий ячмінь	8.04–12.04	72,0	35,0
Післяукісний	вико-вівсяна суміш на (зелений корм)	10.06–12.06	73,7	35,4
Післяжнивний	озимий ячмінь (зерно)	8.07–12.07	73,3	34,1

Польова схожість насіння цикорію коренеплідного значною мірою залежить від метеорологічних умов року в підпокровних, післяукісних і поживних посівах. У літній період з підвищеною вологістю або недостатньою кількістю її в цей період також впливає на польову схожість насіння. 2017 року при сівбі цикорію коренеплідного після вико-вівсяної суміші (10.06–12.06) максимальна температура повітря досягла до 32–36 °С. Упродовж двох місяців не випали опади, внаслідок чого польова схожість насіння культури після збирання вико-вівсяної була дуже низькою. Тому щонайбільше при сівбі цикорію коренеплідного після поукісних і поживних культур, цей період характеризується підвищеною температурою повітря і ґрунту, що в подальшому впливає на збільшення тривалості кількості днів від сівби до масових сходів.

Трирічні результати досліджень свідчать, що підпокровні культури, післяукісні і післяжнивні посіви впливають на перезимівлю рослин цикорію коренеплідного у відкритому ґрунті (табл. 2).

Краще перезимували рослини цикорію коренеплідного на варіантах від післяукісного збирання вико-вівсяної суміші (на зелений корм), що в середньому за три роки становило – 82,4 %, також на варіантах від післяжнивного збирання озимого ячменю на зерно – 78,0 %. Найменший показник перезимівлі рослин цикорію отримали від підсіву культури під покрив озимої пшениці лише 51,0 %, що на 18 % менше ніж під покровом ярого ячменю та на 14,9 % менша ніж під покривом озимого ячменю.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

2. Вплив підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів на перезимівлю рослин цикорію коренеплідного у відкритому ґрунті (середнє за 2016–2018 рр.)

Спосіб вирощування (фактор А)	Культура (фактор В)	Строк сівби насіння (фактор С)	Густота рослин на 1 м погонному		
			перед заморозанням ґрунту	на початку відростання рослин	перезимувало, %
Підпокровний	озима пшениця	1.04–4.04	24,5	12,5	51,0
	ярий ячмінь	1.04–4.04	32,3	22,7	69,0
	озимий ячмінь	8.04–12.04	30,8	20,3	65,9
Післяукісний	вико-вівсяна суміш на (зелений корм)	10.06–12.06	38,8	32,1	82,4
Післяжнивний	озимий ячмінь (зерно)	8.07–12.07	54,3	42,4	78,0

Ми умовно розділили ріст і розвиток безпосередніх насінників цикорію коренеплідного на два періоди: перший – від сівби до входу в зиму, в якому було поставлено за мету отримати коренеплоди відповідного розміру з добре розвинутою вегетативною масою, другий – після перезимівлі, з якою потрібно виростити високопродуктивні насінники.

Перезимувавши у природних умовах, коренеплоди в ранньовесняний період швидше починають рости і розвиватися, що дає змогу максимально використовувати осінньо-зимові запаси вологи у ґрунті, і впродовж всього вегетаційного періоду використовувати вологу і поживні речовини з найбільш глибоких шарів ґрунту добре розвинутою кореневою системою. Також встановлено, що глибина проникнення кореневої системи у безвисадкових насінниках цикорію коренеплідного може проникати при літній сівбі до 320,2 см, вересневій – 178,4 см.

Підпокровні культури, післяукісні й післяжнивні посіви при безвисадковому способі вирощування впливають на урожайність і якість насіння цикорію коренеплідного (табл. 3).

3. Урожайність і якість насіння цикорію коренеплідного підпокровних культур, післяукісних і післяжнивних посівів (середнє за 2016–2018 рр.)

Спосіб вирощування	Культура	Строк сівби насіння	Урожайність, т/га	Посів якості насіння		
				маса 1000 насінин, г	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %
Підпокровний	озима пшениця	1.04–4.04	0,351	1,36	63,2	68,2
	ярий ячмінь	1.04–4.04	0,415	1,31	65,3	70,5
	озимий ячмінь	8.04–12.04	0,294	1,30	66,8	71,8
Післяукісний	Вико-вівсяна суміш на (зелений корм)	10.06–12.06	0,350	1,39	65,1	70,1
Післяжнивний	озимий ячмінь (зерно)	8.07–12.07	0,298	1,37	64,2	70,4

Високу урожайність насіння цикорію коренеплідного одержали від підсіву під покрив ярого ячменю – 0,415 т/га. Дещо нижча урожайність виявилася на варіантах з підсівом під покрив озимої пше-

ниці та озимого ячменю – 0,351 та 0,294 т/га, відповідно. За умови вирощування насіння цикорію коренеплідного безвисадковим способом у післяукісних та післяжнивних посівах також спостерігається зниження врожайності насіння на 0,065 т/га та 0,117 т/га порівняно з варіантом від підсіву під покрив ярого ячменю. Це насамперед пов'язано як з режимом зволоження, так і з температурними характеристиками у травні – серпні.

При визначенні посівних якостей насіння маса 1000 насінин у середньому коливається від 1,30 г до 1,39 г. Найвища маса 1000 насінин була у варіанті за післяукісного вирощування – 1,39 г при врожайності насіння 0,350 т/га, тобто незважаючи на крупність насіння, урожайність була невисокою. Така закономірність свідчить про зрідженість посівів через недостатнє зволоження в літній період, що в кінцевому результаті й відобразилось на урожайності насіння.

Отже, можна зробити висновок, що безвисадкові насінники цикорію коренеплідного незалежно від способів вирощування й характеризуються низкою біологічних ознак, на які потрібно зважати при вирощуванні в умовах Правобережного Лісостепу України. Пізнання особливостей їх росту і розвитку є головною умовою одержання гарантованих і високих урожаїв насіння.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження свідчать про залежність схожості насіння цикорію коренеплідного від способів сівби (підпокровні, поукісні і поживні посіви). У середньому за 3 роки найвища польова схожість насіння цикорію коренеплідного була під покровними культурами, а саме під покровом озимої пшениці – 37,2 %. Краще перезимували рослини цикорію коренеплідного на варіантах від післяукісного збирання вико-вівсяної суміші (на зелений корм), що в середньому за три роки становило – 82,4 %, також на варіантах від післяжнивного збирання озимого ячменю на зерно – 78,0 %.

Варто також зазначити, що найвищу урожайність насіння цикорію коренеплідного одержали від підсіву під покрив ярого ячменю – 0,415 т/га.

References

1. Balabukh, V. O., Lavrynenko, O. M., & Malytska, L. V. (2014). Osoblyvosti termichnoho rezhymu 2013 roku v Ukraini. *Ukrainskyi Hidrometeorologichnyi Zhurnal: Naukovyi Zhurnal*, 14, 30–46 [In Ukrainian].
2. Balan, V. N., Tarabrin, A. E., & Kornejchuk, A. V. (2001). *Biologija i agrotehnika bezvysadochnih semennikov korneplodnyh kul'tur v oroshaemyh uslovijah juga Ukrainy*. Kiev: Nora-print [In Russian].
3. Bezvikonnyi, P. V. (2014). Rist i rozvytok roslin buriaka stolovoho zalezno vid strokiv sivy v umovakh pivdenno-zakhidnoho Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 22, 70–73 [In Ukrainian].
4. Borysiuk, V. O., Makovetskyi, K. M., & Tkach, O. V. (2000). Vzaimozv'язok mizh masoiu koreneplodiv tsykoriuu koreneplidnoho i vmistom u nykh inulinu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Tsukrovkyh Buriakiv*, 2, 151–157 [In Ukrainian].
5. Humentyk, M. Ya. (2003). Osoblyvosti tsykoriuu korenevoho i ahrotehnika yoho vyroshchuvannia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Tsukrovkyh Buriakiv*, 339–341 [In Ukrainian].
6. Dospheov, B. A. (1979). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Kolos [In Russian].
7. Kniaziuk, O. V., Bohuslavets, V. Yu., Kapitan, O. A., & Kondratiuk, O. O. (2018). Biologichni osoblyvosti formuvannia produktyvnosti sortiv tsykoriuu koreneplidnoho. *Materialy KhVI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Novynata za naprednaly nauka – 2018»*. Sofiia [In Ukrainian].
8. Kuzmich, V. M., & Yatsenko, A. O. (2010). *Rekomendatsii po vyroshchuvanniu tsykoriuu korenevoho*. Samchyky: KhIAV NAANU [In Ukrainian].
9. Kurylo, V. L., & Tkach, O. V. (2012). Osoblyvosti vyroshchuvannia tsykoriuu korenevoho z kombinovanoi shyrynoi mizhriad. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur I Tsukrovkyh Buriakiv*, 14, 295–299 [In Ukrainian].
10. Manko, A. E., Novak, V. G., Borysiuk, V. A., Yacenko, A. A. (1995). *Cikorij korneplodnyj. Saharnaja Svekla*, 6, 24 [In Russian].
11. Mykolaiko, V. P. (2016). Fotosyntetychnyi potentsial ta intensyvnyist kvitkoutvorennia tsykoriuu koreneplidnoho na nasinnia zalezno vid ahrotekhnologichnykh pryiomiv yoho vyroshchuvannia. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 3 (91), 79–88 [In Ukrainian].

-
12. Mykolaiko, V. P. (2016). Osoblyvosti rostu ta rozvytku nasinnykiv roslyn tsykoriuu koreneplidnoho zalezno vid ahrotekhnolohichnykh umov vyroshchuvannia nasinnia. *Zbirnyk Naukovykh Prats PDATU*, 24 (1), 151–158 [In Ukrainian].
13. Moisejchenko, V. F., Trifonova, M. F., & Zavrjuha, A. H. (1996). *Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii*. Moskva: Kolos [In Russian].
14. Sinchenko, V. M. (2010). *Tsukrovi buriaky: istoriia, sorty i hibrydy, tekhnolohiia, vyrobnytstvo*. Kyiv: IBKiTsB NAAN Ukrainy [In Ukrainian].
15. Tarabrin, O. Ye. (1998). Pidpokryvna sivba pry bezvysadkovomu vyroshchuvanni nasinnia. *Tsukrovi Buriaky*, 3, 9–11 [In Ukrainian].
16. Tkach, O. V. (2012). Tsykorii i osoblyvosti yoho vyroshchuvannia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 15, 343–348 [In Ukrainian].
17. Tkach, O. V., Kurylo, V. L., & Derev'ianskyi, V. P. (2013). *Rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia tsykoriuu koreneplidnoho*. Kamianets–Podilskyi: Aksioma [In Ukrainian].
18. DSTU 4981:2008. *Tsykorii koreneplidnyi. Zbyrannia. Pokaznyky yakosti ta metody yikh vyznachannia*. Chynnyi vid 2009-01-01. (2008). Kyiv [In Ukrainian].
19. Yatsenko, A. O. (2003). *Tsykorii: biolohiia, selektsiia, vyrobnytstvo i pererobka koreneplodiv*. Uman [In Ukrainian].
20. Yatsenko, A. O. (2002). Problemy vyroshchuvannia nasinnia tsykoriuu korenevoho. *Tsukrovi Buriaky*, 2, 20–21 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 18.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Ткач О. В. Особливості росту і розвитку рослин цикорію коренеплідного до і після перезимівлі. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 74–80.

© Ткач Олег Васильович, 2020



**BULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMY**

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)

<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>



original article | UDC 632.95:581.132:633.34 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.09

INFLUENCE OF SOIL AND POST-EMERGENCE HERBICIDES ON THE CONTENT OF PLASTID PIGMENTS AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL

O. V. Dykun^{1*}

ORCID  [0000-0001-8378-8646](https://orcid.org/0000-0001-8378-8646)

V. M. Zherebko¹

ORCID  [0000-0001-9988-1837](https://orcid.org/0000-0001-9988-1837)

M. O. Dykun²

ORCID  [0000-0003-4187-0865](https://orcid.org/0000-0003-4187-0865)

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine

² Institute of Plant Physiology and Genetics of NAS of Ukraine, 31/17, Vasylykivska st., Kyiv, 03022, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: allasaker823@gmail.com

The purpose of the research was to find out the nature of the effect of herbicide mixtures on soybean photosynthetic mechanism and the productivity of sowing. The experiment options included: control without weeding; control with two hand weeding; Primextra TZ Gold (S-metolachlor, 312.5 g/l + terbuthylazine, 187.5 g/l), 4.5 l/ha; Zencor (metribuzin, 700 g/l) + Command (clomazone, 480 g/l), 0.4 l/ha+0.2 l/ha; Bazagran (bentazone, 480 g/l) + Harmony (thifensulfuron-methyl, 750 g/kg), 2.5 l/ha+0.008 kg/ha. The effectiveness of the preparations was researched in the field experiment at the separated subdivision of NUBiP of Ukraine "Agronomic Research Station" using the traditional technology for the Forest-Steppe zone of Ukraine. Soil herbicides were applied before seedlings' emergence, and after it – when the first true leaf appeared. The pigment content was determined spectrophotometrically after extraction with DMSO (dimethyl sulfoxide) according to the method of A. Wellburn (1994). Statistical processing of received values was performed by using Excel 2016 software package. It was found that under the action of herbicides, the content of total chlorophyll in soybean leaves was by 15–20 % higher than in the control without weeding. At the same time, the phytotoxic effect of herbicides led to a decrease in the content of chlorophylls in comparison with the non-herbicidal control at double hand weeding. Furthermore, a simultaneous increase in the content of carotenoids was fixed, and it was obviously a reaction of the plants to the induced oxidative stress, resulting in inhibiting pigments' biosynthesis. However, stress factors ensured a significant activation of photosynthetic processes, which was confirmed by the increase in a ratio of basic photosynthetic pigments. Using tank mixtures of herbicides, the ratio of a, b chlorophylls was twice as much as in both controls. The activation of the plants' photosynthetic apparatus under the action of herbicides led to the accumulation of optimal photosynthetic potential (PP) of sown areas and ensured their higher productive capabilities. In the variant where tank mixtures of Zencor + Command and Bazagran + Harmony were used, the productivity of the PP (PPP) made 1.16 and 1.45 kg of yield per 1,000 of PP units, which was higher than the control without weeding by 28 % and 42 %, respectively. Thus, the applying of tank mixtures of selective soil and post-emergence herbicides favored the activation of photosynthetic processes in soybean plants and ensured productivity indices at the level of non-herbicidal background with hand weeding.

Key words: soybean, soil and post-emergence herbicides, tank mixtures, plastid pigments, photosynthetic potential, productivity.

ВПЛИВ ҐРУНТОВИХ І ПІСЛЯСХОДОВИХ ГЕРБИЦИДІВ НА ВМІСТ ПЛАСТИДНИХ ПІГМЕНТІВ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОЇ

О. В. Дикун¹, В. М. Жеребко¹, М. О. Дикун²,

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

² Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, Україна

Мета досліджень полягала у з'ясуванні характеру впливу гербицидних сумішей на фотосинтетичний апарат сої та продуктивні можливості посіву. Варіанти дослідів включали: Контроль без прополювань; Контроль з 2-ма ручними прополюваннями; Примекстра TZ Голд (к.с., 312,5 г/л S-метолахлору + 187,5 г/л тербутилазину), 4,5 л/га; Зенкор (к.с., 700 г/л метрибузину) + Комманд (к.е., 480 г/л кломазону), 0,4 л/га + 0,2 л/га; Базагран (в.р., 480 г/л бентазону) + Хармоні (в.д.г., 750 г/кг тифенсульфурон-метилу), 2,5 л/га + 0,008 кг/га. Ефективність препаратів досліджували в умовах польового дослідів в ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» за традиційної технології вирощування для Лісостепової зони України. Ґрунтові гербициди вносили до появи сходів, післясходові – за появи першого справжнього листка. Вміст пігментів визначали спектрофотометрично після екстракції з ДМСО (диметилсульфоксидом) за методикою А. Wellburn (1994). Встановлено, що за дії гербицидів вміст сумарного хлорофілу в листках сої був на 15–20 % вищим, ніж на контролі без прополювань. Водночас фітотоксичний вплив гербицидів призводив до зниження вмісту хлорофілів при порівнянні з безгербицидним контролем за використання дворазового ручного прополювання. При цьому фіксувалось одночасне зростання вмісту каротиноїдів, що, очевидно, є реакцією організму на індукований окислювальний стрес, наслідком якого є гальмування біосинтезу пігментів. Втім, стресові чинники забезпечили суттєву активізацію фотосинтетичних процесів, що підтверджується ростом співвідношення основних фотосинтетичних пігментів. За використання бакових сумішей гербицидів відношення хлорофілів а і b вдвічі перевищувало цей показник на обох контролях. Активізація роботи фотосинтетичного апарату рослин за дії гербицидів обумовила накопичення оптимального фотосинтетичного потенціалу (ФП) посіву та забезпечила його вищі продуктивні можливості. На варіанті із застосуванням сумішей Зенкор+Комманд та Базагран+Хармоні продуктивність ФП склала 1,16 та 1,45 кг господарського врожаю на 1 тис. одиниць ФП, що вище контролю без прополювань відповідно на 28 % та 42 %. Отже, застосування бакових сумішей селективних ґрунтових та післясходових гербицидів сприяло активізації фотосинтетичних процесів у рослин сої та забезпечувало продуктивні показники на рівні безгербицидного фону із застосуванням ручних прополювань.

Ключові слова: соя, ґрунтові та післясходові гербициди, бакові суміші, пластидні пігменти, фотосинтетичний потенціал, продуктивність.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ И ПОСЛЕВСХОДОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОИ

А. В. Дыкун¹, В. М. Жеребко¹, М. О. Дыкун²,

¹ Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

² Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, г. Киев, Украина

Изучалось влияние гербицидов на содержание фотосинтетических пигментов и продуктивные возможности сои. Установлено, что под влиянием баковых смесей почвенных и послевсходовых гербицидов – Зенкора (к.с., метрибузин, 0,4 л/га) и Комманда (к.э., кломазон, 0,2 л/га), а также Базагра-на (в.р., бентазон, 2,5 л/га) и Хармони (в.д.г., тифенсульфурон-метил, 0,008 кг/га) уровень суммарного хлорофилла увеличивался на 15–20 % по сравнению с контролем без прополки. Активизация фотосинтетических процессов в растениях способствовала накоплению оптимального фотосинтетического потенциала (ФП) посева и увеличению его продуктивности (ПФП) на 28–42 %.

Ключевые слова: соя, почвенные и послевсходовые гербициды, баковые смеси, пластидные пигменты, фотосинтетический потенциал, продуктивность.

Вступ

Відомо, що урожайність сільськогосподарських культур істотно залежить від ефективності фотосинтетичної діяльності посівів [5]. Інтенсивність фотосинтетичних процесів у рослинах визначається кількістю синтезованих у хлоропластах пігментів, що беруть безпосередню участь у виробництві енергії для росту й розвитку рослин [1]. Найважливішими фотосинтетичними пігментами є хлорофіли, а тому позитивна кореляція між їх вмістом у листках і фотосинтезом призводить до росту продуктивності рослин [13].

Важливим елементом сучасних інтенсивних технологій вирощування сої є застосування гербіцидів [8], що здатні активно впливати на утворення, функціонування та розпад пластидних пігментів [12]. Значне зниження вмісту хлорофілу в листках за дії різноманітних чинників є важливим індексом стресу [16]. Доведено, що пігментний комплекс є також одним із дієвих механізмів протидії фітотоксичним впливам на клітинному рівні [21]. Суттєву роль у цих процесах відіграють каротиноїди, що є структурними компонентами фотосинтетичних систем і беруть участь у механізмах захисту від окислювального стресу [24, 28]. Стресові умови спричиняють виробництво АФК (активних форм кисню), таких як супероксид та пероксид водню, що можуть призводити до руйнування фотосинтетичних пігментів [17]. Знешкодження і детоксикація сполук АФК забезпечує захист рослин від окислювального стресу [14, 19]. Отже, вміст і співвідношення пластидних пігментів є ґрунтовним показником фізіологічного стану рослин, індикатором захисних і адаптивних можливостей рослинного організму та потенційної продуктивності культури.

У літературі є достатньо наукових даних, що підтверджують різносторонній вплив гербіцидів на вміст фотосинтетичних пігментів і їх роль у визначенні рівня такого впливу на продуктивність культури [3, 6, 15, 22]. Водночас це питання залишається недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

У цьому аспекті вивчення особливостей функціонування пігментного комплексу рослин за дії гербіцидних сумішей є важливим і дає змогу виявити рівень впливу хімічних стресорів на потенційні продуктивні можливості агроценозу.

Метою наших досліджень було з'ясувати характер впливу бакових сумішей ґрунтових та післясходових гербіцидів на накопичення пластидних пігментів у листках сої як фактора фотосинтетичної продуктивності посіву.

Завдання дослідження. Зважаючи на вищевикладене, було поставлене завдання відслідкувати кількісні взаємозв'язки накопичення фотосинтетичних пігментів за дії бакових гербіцидних сумішей, виявити та проаналізувати можливості використання стресових реакцій сої як показників фізіологічного стану рослин та індикаторів стресу.

Матеріали і методи досліджень

Вивчення впливу гербіцидних сумішей проводили в умовах польового досліді впродовж 2017–2018 рр. на дослідному полі лабораторії селекції та насінництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» в селі Пшеничне Васильківського району Київської області. Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий з вмістом гумусу 4,43 % (за Тюрнімом), рН сольової витяжки – 6,1–7,0, ємність поглинання – 319 мг-екв на 1 кг ґрунту, вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) – 106–114 мг на 1 кг ґрунту.

Схема досліді:

1. Контроль – без гербіцидів.
2. Контроль – з 2-ма ручними прополюваннями.
3. Примекстра TZ Голд (к.с., 312,5 г/л S-метолахлору + 187,5 г/л тербутилазину), 4,5 л/га.
4. Зенкор (к.с., 700 г/л метрибузину) + Комманд (к.е., 480 г/л кломазону), 0,4 л/га + 0,2 л/га.
5. Базагран (в.р., 480 г/л бентазону) + Хармоні (в.д.г., 750 г/кг тифенсульфурон-метилу), 2,5 л/га + 0,008 кг/га.

Розміщення ділянок – систематичне. Повторність триразова. Облікова площа ділянок – 25 м². Інокульоване насіння сої сорту Медісон висівали в першій декаді травня сівалкою Great Plains 3P606NT зі встановленою нормою близько 500 тис. схожих насінин на 1 гектар. Агротехніка в досліді загальноприйнята для зони Лісостепу України.

Гербіциди вносили ручним ранцевим оприскувачем Foresta BS-125 з нормою витрати робочої рідини 300 л/га згідно зі схемою досліді у два періоди:

- Грунтові гербіциди – через 3–4 дні після сівби під досходове боронування;
- Післясходові – з появою першого справжнього листка в рослин сої.

Відбір зразків для лабораторних аналізів проводили двічі за вегетацію у фазах цвітіння та наливу бобів. Вміст фотосинтетичних пігментів визначали методом їх екстракції за допомогою ДМСО (диметилсульфоксиду) з подальшою спектрометрією та перерахунком за відповідними формулами [27]. Площу загальної асиміляційної поверхні листків визначали за методикою А. Н. Ничипоровича [4]. Продуктивність фотосинтетичного потенціалу визначали за методикою В. Т. Синеговської та М. В. Толмачова [7]. Статистичну обробку отриманих даних проводили методом дисперсійного аналізу однофакторного дослідження за Б. О. Доспеховим [2] з використанням пакету програм MS Excel-2016.

Результати досліджень та їх обговорення

Гербіциди як біологічно активні речовини вчиняють подвійну дію на культурні рослини – позитивну (через знищення бур'янів і створення більш сприятливих умов для росту й розвитку) і негативну (безпосередній фітотоксичний вплив на життєві функції організму). Застосування сучасних високоселективних гербіцидів сприяє суттєвому зростанню врожайності за мінімального рівня інтоксикації.

Як свідчать результати досліджень, внесення ґрунтових і післясходових гербіцидів забезпечувало ефективний захист посівів сої, знижуючи загальну чисельність бур'янової популяції на 83–86 %, що майже рівноцінно дворазовому ручному прополюванню (табл. 1).

1. Ефективність дії гербіцидів на забур'яненість та урожайність сої (середнє за 2017–2018 рр.)

Варіанти	Загибель бур'янів, %			Урожайність, т/га	Збережений урожай	
	всього	зокрема			т/га	%
		злакових	дводольних			
Контроль без прополок	51,6 0	15,8 0	35,8 0	1,84	-	-
Ручні прополки	92	84	95	3,05	1,21	66
Примекстра TZ Голд	83	74	87	2,63	0,79	43
Зенкор+Комманд	86	79	90	3,08	1,24	67
Базагран+Хармоні	86	76	91	3,28	1,44	78
НІР05				0,41		

За ефективного контролювання бур'янів продуктивність сої на гербіцидних варіантах була вищою обох контролів зі збереженням 67–78 % потенційного урожаю.

Продуктивність посіву залежить від ефективності функціонування фотосинтетичного апарату, вмісту і співвідношення фотосинтетичних пігментів, на які істотно впливають умови вирощування культури. За дії агротехнічних факторів відбуваються відповідні зміни в біосинтезі пігментів, що може використовуватися як чутливий індикатор фізіологічного стану рослин. Значні зміни у співвідношенні біохімічних сполук в організмі можуть призводити до зниження урожайності та якості сільськогосподарської продукції [26].

Основними фотосинтетично дієвими компонентами листків є хлорофіли, а їх вміст та співвідношення є важливим показником фотохімічної активності пігментного комплексу [6]. Результатами визначення вмісту зелених пігментів у листках сої встановлено, що в разі зменшення забур'яненості кількість хлорофілів а і b була достовірно вищою контрольного варіанту без прополювань (табл. 2).

У фазу цвітіння сумарний вміст хлорофілів на гербіцидних варіантах на 6–16 % перевищував аналогічний показник у контролі.

Зростання сумарного вмісту хлорофілу відбувалося через синтез хлорофілу а, рівень хлорофілу b значно менше залежав від присутності бур'янів.

Загальний вміст пластидних пігментів суттєво залежав від періоду вегетації культури. З початком наливу бобів метаболізм рослин перебудовується з одночасним зниженням вмісту фотосинтетичних пігментів.

Незважаючи на деяку активізацію утворення і накопичення хлорофілів за дії гербіцидів, максимальні їх кількості фіксували на безгербіцидному фоні за механічного контролювання бур'янів, що, очевидно, пояснюється їх певним токсичним впливом на рослини. Такі висновки цілком узгоджуються з результатами багатьох дослідників, що вказують на достовірне зниження вмісту хлорофілів у ли-

стках сої за гербіцидного впливу [15, 22, 25], трактуючи отримані дані гальмуванням біосинтезу пігментів та їх руйнуванням за дії окислювального стресу.

2. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках сої за дії гербіцидів (середнє за 2017–2018 рр.)

Варіант досліджу	Вміст фотосинтетичних пігментів, мг/г сирової речовини							
	Фаза цвітіння і формування бобів				Фаза наливу бобів			
	Хлорофіл		Σ хлорофілів	Каротиноїди	Хлорофіл		Σ хлорофілів	Каротиноїди
	a	b			a	b		
Без гербіцидів	1,69	0,49	2,18	0,54	1,70	0,51	2,21	0,38
Ручні прополки	2,15	0,73	2,88	0,62	1,77	0,57	2,34	0,36
Примекстра TZ Голд	2,00	0,60	2,60	0,66	1,59	0,37	1,96	0,35
Зенкор + Комманд	1,84	0,49	2,33	0,56	2,50	0,43	2,93	0,41
Базагран + Хармоні	1,82	0,49	2,31	0,62	2,27	0,38	2,65	0,40
НІР ₀₅	0,05	0,04	-	0,02	0,02	0,04	-	0,03

Виникнення в рослин індукованого окислювального стресу підтверджується й підвищеними рівнями каротиноїдів, що беруть участь в адаптивно-захисних реакціях організму [1]. Збільшення вмісту β-каротину нейтралізує руйнівну дію високоактивного синглетного кисню, що неконтрольовано зростає під впливом хімічних стресорів, та захищає хлорофіл від фотоокислення [18]. Доказове кількісне збільшення каротиноїдів фіксували за внесення гербіциду Примекстра TZ Голд як еталонного препарату для встановлення ефективності гербіцидних сумішей. Відчутне пригнічення сої за фітотоксичної дії цього гербіциду не лише помітно вплинуло на вміст пластидних пігментів, а й призводило до морфологічних змін рослин: зменшення висоти й підвищення галушення. Однак завдяки активній детоксикації препарату це істотно не вплинуло на продуктивність культури. Отже, підвищення рівня каротиноїдів указує на активне функціонування фотосинтетичного апарату рослин, що й забезпечує їх резистентність.

В оцінюванні ефективності фотосинтетичних процесів і, зокрема, функціонування пігментного комплексу, дуже інформативним є співвідношення зелених пігментів, що пов'язане з активністю основного фотопігменту – хлорофілу а: чим воно вище, тим вища інтенсивність фотосинтезу [9]. Дослідження свідчать про позитивний вплив гербіцидів на співвідношення хлорофілів і активність продуктивних процесів у сої (рис. 1).

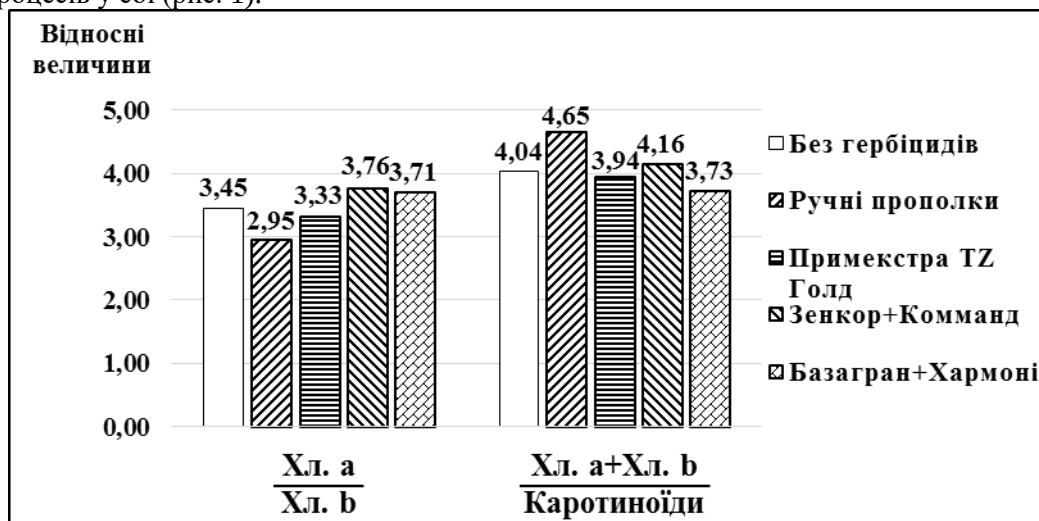


Рис. 1. Співвідношення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках сої за дії гербіцидів у фазі цвітіння (середнє за 2017–2018 рр.)

На всіх гербіцидних варіантах інтенсивність асиміляційних процесів була вищою в обох контрольних варіантах, зокрема й у разі ручних прополовань.

Особливо відчутною ця різниця була у фазу наливу бобів, де відношення Хл. а : Хл. б за використання бакових сумішей перевищувало контрольні показники на 43–48 % (рис. 2).

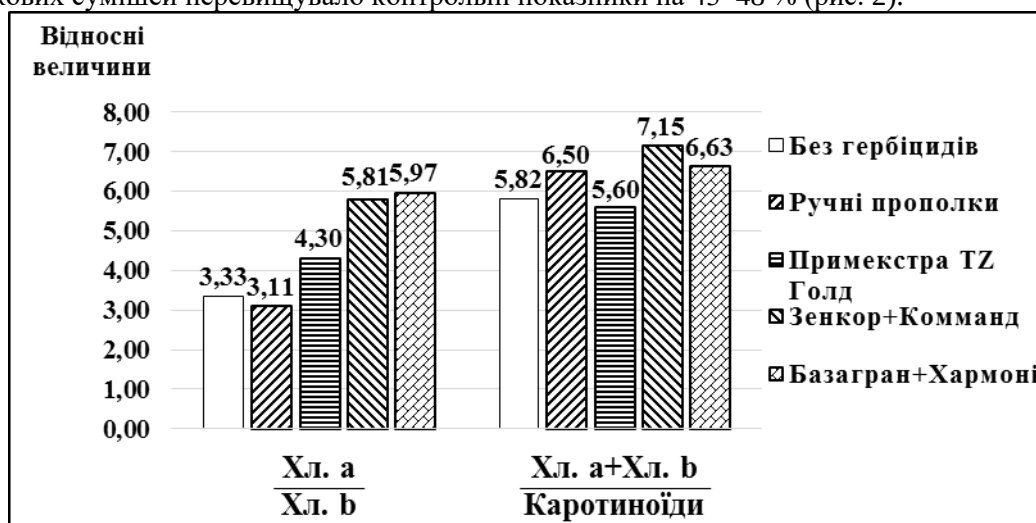


Рис. 2. Співвідношення вмісту фотосинтетичних пігментів у листках сої за дії гербіцидів у фазі наливу бобів (середнє за 2017–2018 рр.)

Підвищення співвідношення хлорофілів за дії гербіцидів може трактуватися, як зростання функціональної активності фотосинтетичного апарату [11]. Варто зазначити, що за стрімкого зниження рівня основних фотосинтетичних пігментів у цю фазу, активність фотосинтетичних процесів не тільки не знизилась, а й дещо підвищилася порівняно з періодом цвітіння.

Не менш важливим для характеристики фізіологічного стану рослин і їх здатності протистояти дії стресових чинників є співвідношення хлорофілів і каротиноїдів. За нормальних умов цей показник досить стабільний, однак чутливо реагує на екстремальні фактори середовища [10]. У фазу цвітіння максимальне співвідношення хлорофілу і каротиноїдів відмічали на контролі з ручними прополюваннями. Близьким до контролю був цей показник за внесення бакової суміші Зенкору та Комманду, проте істотно нижчим за використання суміші Базаграну і Хармоні (на 20 %) і Примекстра TZ Голд (на 15 %), що вказує на вищу інтоксикацію рослин та збільшення відносного рівня каротиноїдів для нейтралізації окислювального стресу. З наливом бобів співвідношення пігментів вирівнялось і наблизилось до контролю, однак значно (в 1,3–1,6 раза) виросли абсолютні показники цього співвідношення, що свідчить про зниження захисних можливостей організму в період активного формування урожаю і, зокрема, надійності захисту хлорофілів від фотоокислення. При покращенні умов для росту й розвитку сої за використання гербіцидів спостерігалось збільшення відношення хлорофілу до каротиноїдів. У разі ефективного знищення бур'янів гербіцидами цей показник досяг рівня контролю з ручними прополюваннями, що свідчить про високі адаптивні можливості сої, з однієї сторони, і зниження надійності захисту хлорофілів від фотодеструкції, з іншої. Мінімального рівня цей показник досяг у варіанті із внесенням гербіциду Примекстра TZ Голд, де відношення хлорофілу до каротиноїдів виявилось на 4 % меншим контролю без прополювань. Указане співвідношення зменшилось через суттєве підвищення рівня каротиноїдів у разі токсичного впливу гербіциду.

Фотосинтетична продуктивність посіву суттєво залежить від його загальної асиміляційної поверхні і тривалості її активного функціонування. Обидва показники об'єднують фотосинтетичний потенціал (ФП), що характеризує потужність асиміляційного апарату за певний період вегетації і є дуже важливим для оцінки потенційної продуктивності посіву [20, 23]. Нагромадження оптимального ФП залежить від низки факторів, серед яких важливе місце відводиться ефективності системи захисту культури від бур'янів.

Бакові гербіцидні суміші сприяли формуванню значного ФП, близького до контролю з ручними прополюваннями (рис. 3).

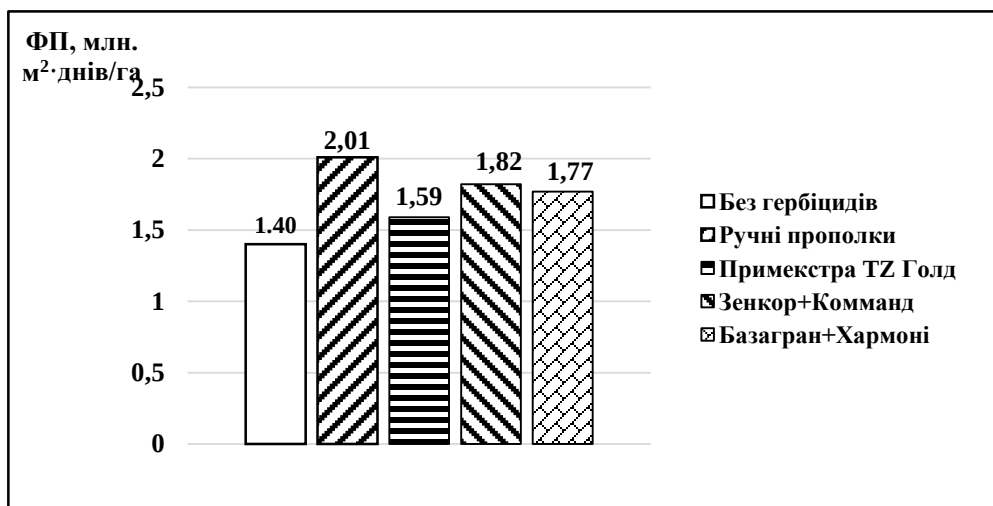


Рис. 3. Фотосинтетичний потенціал (ФП) посіву сої за дії гербіцидів (середнє за 2017–2018 рр.)

Зокрема, застосування суміші Зенкор+Комманд забезпечило нагромадження ФП на рівні 1,82 млн м²·днів/га, що становить 91 % від контролю, а суміші Базагран+Хармоні – 1,77 млн м²·днів/га і 88 %, і свідчить про високий продуктивний потенціал рослин, втім реалізація якого неможлива без ефективної роботи фотосинтетичного апарату. Об'єктивну оцінку ефективності його функціонування встановлюють за продуктивністю фотосинтетичного потенціалу (ПФП), що характеризує величину накопичення органічної речовини в репродуктивних органах рослин на одиницю фотосинтетичного потенціалу [7] і дає змогу виявити агротехнічні заходи, що забезпечують максимальну продуктивність ФП.

Для визначення ПФП використовували господарську продуктивність сої, виражену в кілограмах.

Отримані результати свідчать, що ефективність продукційних процесів значною мірою визначається ступенем захисту посівів сої від негативного впливу бур'янів. Ефективний контроль сегетальної рослинності за використання гербіцидних сумішей забезпечив показники ПФП на рівні 1,58–1,76 кг на 1 тис. одиниць ФП (рис. 4).

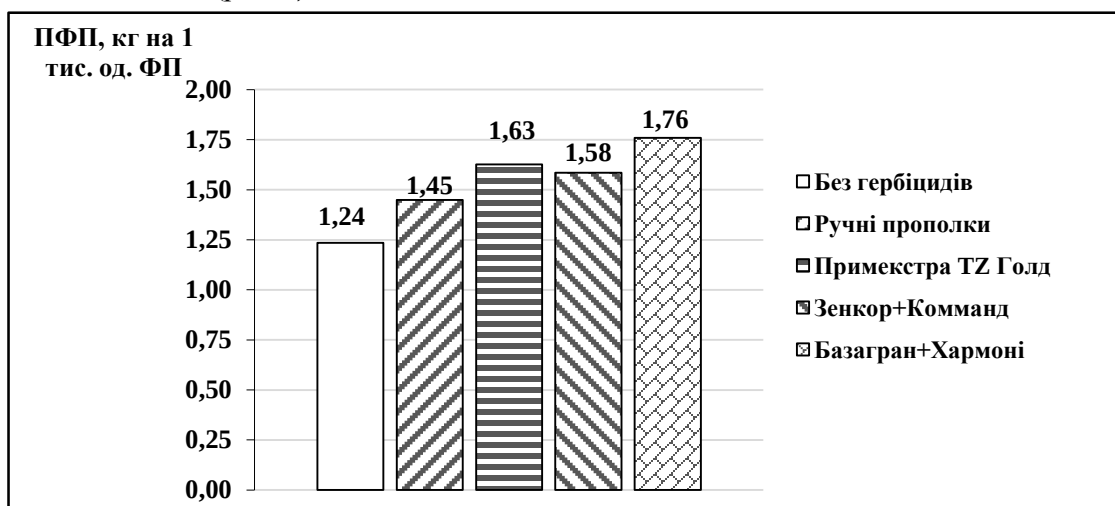


Рис. 4. Продуктивність фотосинтетичного потенціалу (ПФП) сої при застосуванні гербіцидів (середнє за 2017–2018 рр.)

У разі використання бакової суміші Зенкору та Комманду цей показник був на 22 % вищий контролю без прополювань і на 8 % контролю з ручним прополюванням, а суміші Базаграну і Хармоні – відповідно 30 і 18 %.

Висновки

Потрібно вважати раціональним застосування бакових сумішей селективних гербіцидів для ефективного захисту від бур'янів у посівах сої. Для повноцінного аналізу їх впливу варто брати до уваги індикативні фізіологічні показники фотосинтетичної продуктивності рослин, серед яких найбільш інформативними та надійними є вміст і співвідношення фотосинтетичних пігментів, які характеризують пластичність і стійкість фотосинтетичного апарату рослин за дії стресових агентів та дають змогу точно й об'єктивно оцінити рівень їх фітотоксичного впливу на культурні рослини.

Перспективами подальшої роботи в цьому напрямі є вивчення дво- та багатокомпонентних гербіцидних композицій, зокрема з мікродобривами та біостимуляторами росту рослин з метою більш ефективного захисту посівів сої від бур'янів та зменшення токсичного впливу на агрофітоценоз.

References

1. Veselovska, L. I., & Koc, S. Ya. (2014). Vpliv riznih sposobiv zastosuvannya lektinu na simbiotichni sistemi soya – *Bradyrhizobium japonicum*, sformovani v umovah optimalnogo ta nedostatnogo vodozabezpechennya. *Fiziologiya Rastenij i Genetika*, 46 (5), 437–446 [In Russian].
2. Dosphehov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
3. Karpenko, V. P. (Ed.). (2012). *Biologichni osnovy integrovanoi dii herbitsydiv i rehuliatoriv rostu roslyn*. Uman: Vydavets «Sochinskyi» [In Ukrainian].
4. Nichiporovich, A. A., Stroganova, L. E., Chmora, S. N., & Vlasova, G. P. (1961). *Fotosinteticheskaya deyatel'nost rastenij v posevakh*. Moskva: Izdatel'stvo AN SSSR [In Russian].
5. Pashchenko, O. I. (2009). Formuvannya asymiliatsiinoi lystkovoї poverkhni zalezno vid sposobiv osnovnogo obrobittu gruntu ta rivnia mineralnogo zhyvlennia. *Biuleten Instytutu Zernovoho Hospodarstva UAAN*, 37, 1–5 [In Ukrainian].
6. Pidan, L. F. (2017). Fiziologichne obgruntuvannya zastosuvannya herbitsydiv i rehuliatora rostu roslyn u posivakh soniashnyka v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Uman [In Ukrainian].
7. Sinegovskaya, V. T., & Tolmachev, M. V. (2015). Patent № 2013129655/13 RF. № 2539634. Moskva: Federal'naya sluzhba po intellektualnoj sobstvennosti [In Russian].
8. Tanchyk, S. P., & Myhlovets, O. P. (2015). Optymizatsiia kontroliu zaburianenosti posiviv soi za riznykh system zemlerobstva u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 22–28. doi: 10.31210/visnyk2015.04.05 [In Ukrainian].
9. Tarasenko, S. A., & Karpach, E. B. (2016). Izmenenie fiziologicheskikh pokazatelej rastenij yarovykh zernovykh kultur pri intensivnykh tehnologiyah vozdeystviya. In V. K. Pestisa (Red.) *Selskoe hozyajstvo – problemy i perspektivy: sbornik nauchnykh trudov Tom 1. Agronomiya*. (s. 499–503). Grodno: Grodnenskiy Gosudarstvennyy Agrarnyy Universitet [In Russian].
10. Tarchevskij, I. A., & Andrianova, Yu. E. (1980). Soderzhanie pigmentov kak pokazatel moshnosti razvitiya fotosinteticheskogo apparata u pshenicy. *Fiziologiya rastenij: Tom 27 (2)*. Moskva: Nauka [In Russian].
11. Tyutyayev, E. V., Shutova, V. V., Maksimov, G. V., Radenovich, Ch.N., & Grodzinskiy, D. M. (2015). Sostoyanie fotosinteticheskikh pigmentov v listyakh inbrednykh liniy i gibridov kukuruzy. *Fiziologiya Rastenij i Genetika*, 47 (2), 147–159 [In Russian].
12. Chumak, A. (2017). Pryntsypy dii herbitsydiv, abo yak zrobyty pravylnyi vybir. *Propozytsiia*, 12, 126–128 [In Ukrainian].
13. Cannella, D., Möllers, K. B., Frigaard, N.-U., Jensen, P. E., Bjerrum, M. J., Johansen, K. S., & Felby, C. (2016). Light-driven oxidation of polysaccharides by photosynthetic pigments and a metalloenzyme. *Nature Communications*, 7 (1). doi: 10.1038/ncomms11134.
14. Cheynier, V., Comte, G., Davies, K. M., Lattanzio, V., & Martens, S. (2013). Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiology and Biochemistry*, 72, 1–20. doi: 10.1016/j.plaphy.2013.05.009.
15. Darwish, M., Lopez-Lauri, F., & Sallanon, H. (2013). Study of photosynthesis process in the presence of low concentrations of clomazone herbicide in tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9, 229–245.

16. Dehshiri, O., & Paknyat, H. (2014). Evaluation of Oilseed Rape Genotypes (*Brassica napus* L.) Based on Chlorophyll and Carotenoids Contents and Antioxidant Enzymes under Drought Stress Conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 3 (10), 69–77.
17. Esfandiari, E., Shekari, F., Shekari, F., & Esfandiari, M. (2007). The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca*, 35, 48–56. doi: 10.15835/nbha.35.1.251.
18. Foyer, C. H., & Shigeoka, S. (2010). Understanding Oxidative Stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis. *Plant Physiology*, 155 (1), 93–100. doi: 10.1104/pp.110.166181.
19. Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48 (12), 909–930. doi: 10.1016/j.plaphy.2010.08.016.
20. Gitelson, A. A., Keydan, G. P., & Merzlyak, M. N. (2006). Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves. *Geophysical Research Letters*, 33 (11). doi: 10.1029/2006gl026457.
21. Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., & Mittler, R. (2010). Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell & Environment*, 33 (4), 453–467. doi: 10.1111/j.1365-3040.2009.02041.x.
22. Fakhari, R., Tobeh, A., Alebrahim, M., Mehdizadeh, M., Karbalaee Khiavi, H. (2020). Study of Changes in Activity of Wheat Antioxidant Enzymes under Stress Residue of Imazethapyr Herbicide. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 8 (2), 165–179. doi: 10.33945/SAMI/IJABBR.2020.2.7.
23. Sanglard, L. M. V. P., Martins, S. C. V., Detmann, K. C., Silva, P. E. M., Lavinsky, A. O., Silva, M. M., Detmann, E., Araújo, W. L., & DaMatta, F. M. (2014). Silicon nutrition alleviates the negative impacts of arsenic on the photosynthetic apparatus of rice leaves: an analysis of the key limitations of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 152 (2), 355–366. doi: 10.1111/pp.12178.
24. Santabarbara, S., Casazza, A. P., Ali, K., Economou, C. K., Wannathong, T., Zito, F., Redding, K. E., Rappaport, F., & Purton, S. (2012). The Requirement for Carotenoids in the Assembly and Function of the Photosynthetic Complexes in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant Physiology*, 161 (1), 535–546. doi: 10.1104/pp.112.205260.
25. Silva, K. S., Tabaldi, L. A., Rossato, L. V., Cavichioli, B. M., Basílio, V. B., & Machado, S. L. O. (2019). Contents of Pigments and Activity of Antioxidant Enzymes in Rice Plants Pre-Treated with Sodium Nitroprusside and Exposed to Clomazone. *Planta Daninha*, 37, 1–10. doi: 10.1590/s0100-83582019370100032.
26. Tripathi, A. K., & Gautam, M. (2007). Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. *Journal of Environmental Biology*, 28, 127–132. Retrieved from: <https://www.researchgate.net>.
27. Wellburn, A. R. (1994). The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144 (3), 307–313. doi: 10.1016/s0176-1617(11)81192-2.
28. Zakar, T., Laczko-Dobos, H., Toth, T. N., & Gombos, Z. (2016). Carotenoids assist in cyanobacterial photosystem II assembly and function. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00295.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Дикун О. В., Жеребко В. М., Дикун М. О. Вплив ґрунтових і післясходових гербіцидів на вміст пластидних пігментів та продуктивність фотосинтетичного потенціалу сої. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 81–89.

© Дикун Олексій Васильович, Жеребко Володимир Михайлович, Дикун Марія Олегівна. 2020



original article | UDC 630.181:581.132:58.087 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.10

CARBON ABSORPTION ABILITY OF PINE FOREST PLANTATIONS IN CHERNIHIV
POLISSIA

V. V. Moroz*

ORCID  [0000-0002-1457-4641](https://orcid.org/0000-0002-1457-4641)

Y. A. Nykytiuk

ORCID  [0000-0001-9142-7699](https://orcid.org/0000-0001-9142-7699)

Zhytomyr National Agro-Ecological University, 7, Stary Boulevard, Zhytomyr, 10008, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: vera_moroz@ukr.net

According to the signed Paris Climate Agreement, Ukraine is faced with the task to prevent the global average air temperature from rising above 2.5 °C in order to avoid an increase in droughts, extinction of certain species of plants and animals, drying up and diseases of tree species, etc. To preserve and increase the number of natural carbon absorbents, scientists pay particular attention to the system of improving the management of forest, soil, and other natural resources. Among thirty main forest-forming species in Ukraine, Scots pine (*Pinus silvestris* L.) is the predominant tree species, in Chernihiv Polissia, in particular, the area under it is 214.2 thousand hectares, which makes 61 % of all tree plantations. To establish the carbon absorption capacity of pine plantations in Chernihiv Polissia we have laid temporary test areas (TTAs) at the following state-owned enterprises: Horodnianske Forestry, Dobrianske Forestry, Koriukivske Forestry, and Nizhynske Forestry. Applying the methods of P. I. Lakyda, A. A. Storochynsky, O. I. Poluboiarynov, A. S. Atkin, A. I. Kobzar, we established a phyto-mass of pine plantations in a completely dry state and obtained conversion coefficients that made it possible to estimate the difference between CO₂ emissions and carbon absorption. According to the conducted analysis of distributing forest areas under pine plantations in Chernihiv Polissia, the overwhelming majority is occupied by pine forests of the IVth category (operational), their share is 64 %, and that is why their carbon absorption capacity is higher. Climatic changes during 1968–2018 were analyzed, and the tendency of increasing the average annual air temperature by 2.5 °C in the studied regions was established. It has been found that the pine forests of Chernihiv Polissia annually absorb 34.0 thousand tons of carbon from the air, which is approximately 1.37–2.15 % of the annual carbon emissions into the atmospheric air, which in turn has a positive impact on the environmental state in the region of studies.

Key words: pine tree plantations, phyto-mass, forest categories, conversion coefficients, carbon absorption.

ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ СОСНОВИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ
ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ

В. В. Мороз, Ю. А. Никитюк,

Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, Україна

Згідно з підписаною Паризькою кліматичною угодою перед Україною постало завдання не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше 2,5 °C, аби уникнути збільшення посух, зникнення окремих видів рослин і тварин, всихань і захворювань деревних порід та ін. Для збереження та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю науковці надають особливу увагу системі покращення управління лісовими, ґрунтовими та іншими природними ресурсами. Серед три-

дияти головних лісотвірних порід в Україні сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) є найпоширенішою деревною породою, зокрема в Чернігівському Поліссі, її кількість становить 214,2 тис. га, що складає 61 % від усіх деревних насаджень. Для встановлення вуглецепоглиняльної здатності соснових насаджень Чернігівського Полісся в державних підприємствах: Городнянське ЛГ, Добрянське ЛГ, Корюківське ЛГ, Ніжинське ЛГ ми заклали тимчасові пробні площі (ТПП). Згідно з методиками П. І. Лакиди, А. А. Сторочинського, О. І. Полубояринова, А. С. Аткина, А. І. Кобзаря встановлено фітомасу соснових насаджень в абсолютно сухому стані та отримано конверсійні коефіцієнти, які дали змогу оцінити різницю між викидами CO_2 та поглинанням вуглецю. Згідно з проведенням аналізом розподілу площ лісових ділянок під сосновими насадженнями в Чернігівському Поліссі щонайбільше займають соснові ліси IV категорії (експлуатаційні) їх частка складає – 64 %, тому їх вуглецепоглиняльна здатність є більшою. Проаналізовано кліматичні зміни за період 1968–2018 рр., встановлено тенденцію до зростання середньорічної температури повітря на $2,5^\circ\text{C}$ у регіоні дослідження. З'ясовано, що соснові ліси Чернігівського Полісся щорічно поглинають 34,0 тис. т вуглецю з повітря, що приблизно становить 1,37–2,15 % від щорічних викидів вуглецю в атмосферне повітря, а це своєю чергою має позитивний вплив на стан навколишнього середовища в регіоні дослідження.

Ключові слова: соснові насадження, фітомаса, категорії лісів, конверсійні коефіцієнти, поглинання вуглецю.

УГЛЕРОДОПОГЛОЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СОСНОВЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕРНИГОВСКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. В. Мороз, Ю. А. Никитюк,

Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, Украина

Согласно подписанному Парижскому климатическому соглашению перед Украиной стоит задача не допустить роста глобальной средней температуры воздуха более $2,5^\circ\text{C}$, чтобы избежать увеличения засух, исчезновение отдельных видов растений и животных, высыхания и заболеваний древесных пород и др. Для сохранения и увеличению количества природных поглотителей углерода ученые уделяют особое внимание системе улучшения управления лесными, грунтовыми и другими природными ресурсами. Среди тридцати главных лесообразующих пород в Украине сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) является преобладающей древесной породой, в частности в Черниговском Полесье ее насаждения занимают 214,2 тис. га, что составляет 61 % от всех древесных насаждений. Для установления углеродопоглощающей способности сосновых насаждений Черниговского Полесья в государственных предприятиях: Городнянское ЛХ, Добрянское ЛХ, Корюковское ЛХ, Нежинское ЛХ мы заложили временные пробные площади (ВПП). Согласно методикам П. И. Лакиды, А. А. Сторочинского, А. И. Полубояринова, А. С. Аткина, А. И. Кобзаря мы установили фитомассу сосновых насаждений в абсолютно сухом состоянии и получили конверсионные коэффициенты, которые позволяют оценить разницу между выбросами CO_2 и поглощением углерода. Согласно проведенного анализа распределения площадей лесных участков под сосновыми насаждениями в Черниговском Полесье преобладающее большинство занимают сосновые леса IV категории (эксплуатационные), их доля составляет 64 %. Проанализированы изменения климата в течение 1968–2018 гг, установлена тенденция роста средней ежегодной температуры воздуха на $2,5^\circ\text{C}$ в области исследования. Выяснено, что сосновые леса Черниговского Полесья ежегодно поглощают 34,0 тис. т углерода из воздуха, что примерно составляет 1,37–2,15 % от ежегодных выбросов углерода в атмосферу, а это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на состояние окружающей среды в регионе исследования.

Ключевые слова: сосновые насаждения, фитомасса, категории лесов, конверсионные коэффициенты, поглощение углерода.

Вступ

Останніми десятиріччями кліматичні зміни призвели до низки негативних чинників, серед яких зникнення окремих видів рослин і тварин, посухи, ускладнення вирощування сільськогосподарських культур, висихання і захворювання деревних порід та ін. [5, 25].

Зважаючи на ці фактори, на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP21) 2015 р. була підписана Паризька угода. З 197 країн світу, які взяли участь у підписанні угоди, 176 її ратифікували. Україна була однією з перших країн світу, яка на державному рівні затвердила угоду [2, 18].

Головна мета Паризької кліматичної угоди – не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше ніж 2 °C (по можливості – не більше 1,5 °C) відносно показників до початку промислової революції, коли людство почало спалювати величезну кількість викопного палива, йдеться про історичний період до 1750-х років – до того часу, коли в Англії розпочалася промислова революція, що пізніше поширилася країнами Європи [19, 20].

Утримання глобального потепління на рівні 1,5–2 °C потребує швидкого зменшення антропогенних викидів парникових газів у навколишнє середовище та повного їх усунення до другої половини XXI століття [27].

Для розв'язання локальних і глобальних екологічних проблем Паризька угода передбачає активне використання торгівлі квотами на викиди забруднюючих речовин. «Квота» – це дозвіл, сертифікат на викиди однієї тони еквівалента CO₂ за певний період часу, який може бути передано відповідно до правил схеми. Торгівля квотами емісії парникових газів (ПГ) (англ. Emissions trading) – ринковий інструмент зниження викидів парникових газів у атмосферу [2, 20]. Середня вартість однієї квоти на викиди парникових газів становить 18 доларів США, якщо припустити можливість продажу різниці між викидами і депонуванням вуглецю, то Україна мала б значний прибуток від реалізації квот. Зважаючи на вищезазначене, Міністерство енергетики та захисту довкілля України розглядає шляхи впровадження системи торгівлі квотами на викиди парникових газів [19].

На конференції ООН зі зміни клімату в Парижі (2015) розглядалася роль лісів у боротьбі зі зміною клімату. Важливість лісів ґрунтується на рамковій програмі ООН, схваленій 2013 року – REDD + (скорочення викидів у результаті знеліснення й деградації лісів) [25].

Отже, проблемі збереження існуючих та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю за допомогою покращеного управління лісами та іншими рослинними насадженнями і ґрунтами науковці надають особливу увагу.

Через моделювання продуктивності лісових насаджень і оцінки їхньої вуглецепоглиальної здатності визначають хід процесів у лісових екосистемах з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства.

У науці низкою вітчизняних вчених, зокрема П. І. Лакидою (2006, 2009, 2011), С. І. Миклушем (2011), М. А. Голубом (2003), В. І. Білоусом (2009), В. П. Пастернаком (2011), Р. Д. Василюшиним (2014) та ін. розроблено шляхи та методи оцінки біологічної продуктивності лісових насаджень.

Наші наукові дослідження доповнено сучасними науковими роботами (Гриник, Задорожний, 2018; Ловинська, 2018; Ситник, 2019) [10, 16, 17, 26]. та розробками іноземних науковців у галузі оцінки біопродуктивності лісових насаджень (Швиденко та ін. 1987; Аткин, Аткина, 1999; Щепашенко та ін., 2008; Демаков та ін., 2015; Алексєєв та ін.) [1, 3, 8, 23, 24] та удосконалено методами математичного моделювання з використанням методик (Герасимович, Матвєєва, 1978; Кобзарь. 2006) [9, 14].

Метою наших досліджень було розробити математичні залежності конверсійних коефіцієнтів для встановлення накопичення фітомаси та обсягів поглинутого вуглецю сосновими лісовими насадженнями Чернігівського Полісся за їх віком, застосовуючи методичні підходи вітчизняних та іноземних науковців. Серед завдань досліджень: збір дослідного матеріалу, отримання математичних рівнянь конверсійних коефіцієнтів залежно від віку насадження, встановлення обсягів вуглецю в соснових насадженнях різної категорії призначення.

Матеріали і методи досліджень

Збір дослідного матеріалу проводився в державних підприємствах 2016–2019 рр.: Городнянське ЛГ (у лісництвах – Рубізьке, Городнянське, Моложавське, Невклянське, Рубізьке, Тупичівське, Староруднянське); Добрянське ЛГ (у лісництвах – Олександрівське, Добрянське, Олешнянське, Комарівське, Ріпкинське, Новояриловицьке, Чудівське); Корюківське ЛГ (у лісництвах – Корюківське, Брецьке, Новоборовицьке, Андрониківське, Єлінське, Тихоновичське, Щорське); Ніжинське ЛГ (у лісництвах – Вертіївське, Іржавське, Дроздівське, Кобижчанське, Носівське, Новоселицьке, Мринське, Пакульське, Любецьке, Мекшунівське, Славутицьке, Березнянське, Чернігівське, Красиївське), де ми заклали тимчасові пробні площі (ТПП).

Наші дослідження були зосереджені на відборі дослідного матеріалу в різновікових соснових на-

садженнях I–IV категорій лісів Чернігівського Полісся.

Тимчасові пробні площі закладали в соснових насадженнях згідно з СОУ 02.02–37–476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ – 68.

Фітомасу деревини та кори в абсолютно сухому стані визначали через їх об'єм, згідно з довідковими таблицями (Швиденко, Кашпор, Строчинський та ін., 1987, 2013) [11, 24] та множили на середню базисну щільність (Полубояринов, 1976; Боровіков, Угольов 1989; Лакида 2002) [4, 15]:

$$m = V \times \rho_{\text{баз}} \quad (1)$$

де m – фітомаса компонента, кг; V – об'єм компонента, м³; $\rho_{\text{баз}}$ – базисна щільність, кг/м³.

Для встановлення фітомаси крони сосни звичайної використано рівняння, яке запропонували А. С. Аткин, Л. І. Аткина, Алексєєв та ін. [1, 3]:

$$m_{\text{крони}} = 8,379 + 0,087 \times m_{\text{стовбура}} \quad (2)$$

де $m_{\text{крони}}$ – фітомаса крони, кг; $m_{\text{стовбура}}$ – фітомаса стовбура, кг.

Загальну фітомасу дерева визначали сумою окремих фітофракцій дерева (кора, деревина, крона) [13].

Запаси вуглецю в деревостанах встановлювали на підставі даних запасу стовбурів сосни звичайної за допомогою конверсійно-об'ємних коефіцієнтів, що представляють собою відношення фітомаси окремих фракцій до запасу деревини і залежних від віку деревостану [1, 3, 15, 16, 17].

Математичне моделювання здійснювали за методикою А. І. Кобзаря, А. І. Герасимович, Я. І. Матвєєва [9, 14] за допомогою *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

Проблема вивчення пулів вуглецю в лісових екосистемах тісно пов'язана з тенденціями у зміні клімату. Встановлення різниці між викидами вуглецю та його акумулюванням у фітомасі дерев дозволить достовірно прогнозувати стан навколишнього середовища та здійснювати вимоги Паризької угоди.

Для з'ясування кліматичних змін у регіоні дослідження згідно з даних Чернігівського обласного центру з гідрометеорології (Чернігівського ЦМГ), проведено детальний аналіз температури повітря за період 1968–2018 рр. (рис. 1).

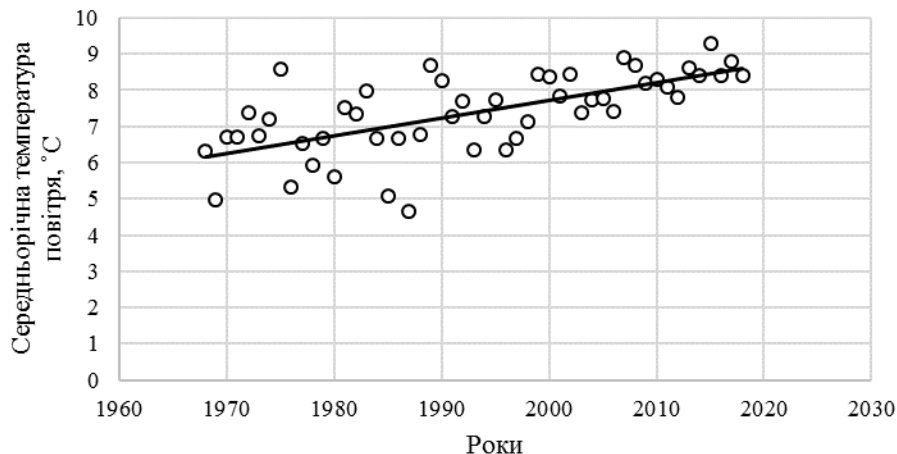


Рис. 1. Середньорічна температура повітря за період 1968–2018 рр.

Отже, згідно з отриманими результатами аналізу (рис. 1) в Чернігівському Поліссі спостерігається тенденція до зростання середньорічної температури повітря на 2,5 °C.

Такі зміни мають негативний вплив на насадження, останніми роками спостерігається всихання соснових насаджень. Згідно з останнім публічним звітом Державного агентства лісових ресурсів України станом на 1 січня 2019 р., загальна площа всихання лісів становить 440 тис. га, з них сосни звичайної 243 тис. га.

За даними державного агентства лісових ресурсів в Україні серед 30 головних лісотвірних порід, сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) займає 35 % і є одним з перспективних вуглецепоглиначів у державі (рис. 2).

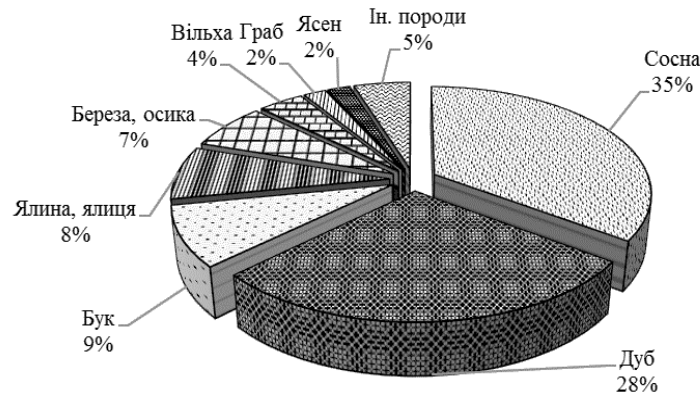


Рис. 2. Розподіл площі лісів України за найпоширенішими деревними породами (згідно з даними Державного агентства лісових ресурсів України).
Джерело: [22].

За даними державного лісового кадастру, станом на 1 січня 2011 р. у Чернігівському Поліссі площа вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок становить 214,2 тис. га, що становить 61 % від решти насаджень (рис. 3).

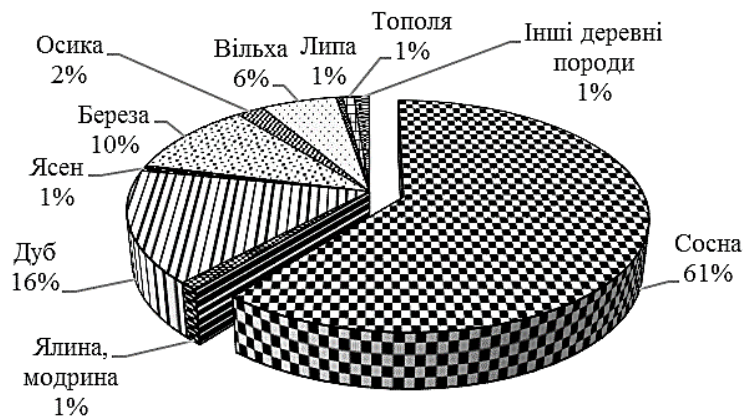


Рис. 3. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок

Розподіл площ лісових ділянок під насадженнями за категоріями лісів у Чернігівському Поліссі свідчить, що переважну більшість займають соснові ліси IV категорії (експлуатаційні) їх частка становить – 64 % (рис. 4).

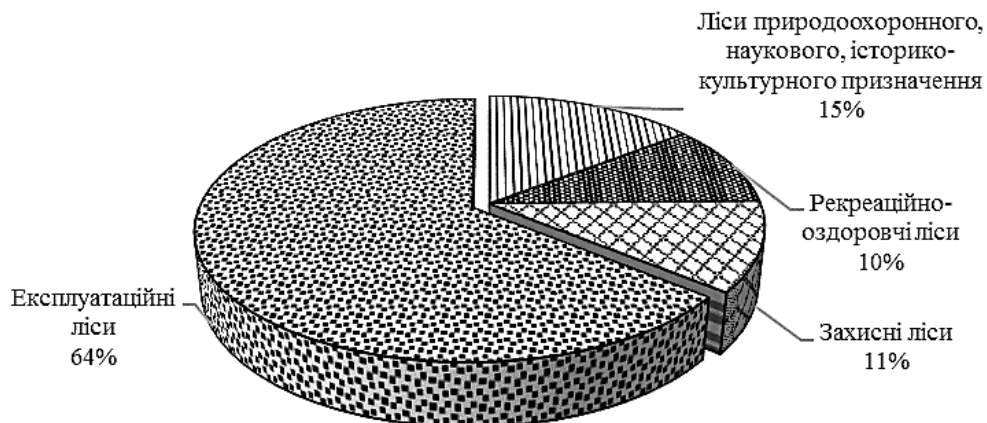


Рис. 4. Розподіл за категоріями соснових лісових ділянок у Чернігівському Поліссі

За формулами 1 і 2 встановлено фітомасу деревини, кори та крони сосни звичайної та побудовано кореляційну матрицю між показниками надземної фітомаси в абсолютно сухому стані та таксаційними показниками дерева (діаметр і висота) [10]. Результати аналізу представлено в таблиці 1.

1. Кореляційна матриця основних біометричних показників соснових деревостанів та надземної фітомаси в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура в корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
Вік, років	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Повнота	-0,427	1,00	–	–	–	–	–	–	–
Бонітет	0,130	-0,156	1,00	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,850	-0,232	-0,190	1,00	–	–	–	–	–
Середній діаметр, см	0,897	-0,428	-0,071	0,885	1,00	–	–	–	–
Об'єм стовбура в корі, м ³	0,865	-0,454	-0,112	0,810	0,968	1,00	–	–	–
Фітомаса деревини, кг	0,865	-0,454	-0,111	0,810	0,968	1,00	1,00	–	–
Фітомаса кори, кг	0,864	-0,452	-0,117	0,812	0,968	1,00	0,999	1,00	–
Фітомаса крони, кг	0,865	-0,454	-0,112	0,810	0,968	1,00	1,00	0,999	1,00

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв'язок (0,810–0,999) між усіма зазначеними в таблиці показниками окрім повноти та бонітету.

Проведений статистичний аналіз свідчить про однорідну сукупність за віком, повнотою, середнім діаметром та висотою та неоднорідну за іншими показниками. Розподіл асиметричний помірний ліво-сторонній за віком, повнотою, середнім діаметром, дуже асиметричний за середньою висотою. Правосторонній помірний за об'ємом стовбура та фітомасою. Коефіцієнт ексцесу вказав на плосковершинний розподіл за всіма показниками (табл. 2).

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів соснових насаджень застосовувалась функція:

$$R_v = f(A, B, P, M) \quad (3),$$

де R_v – відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева; А, Б, П, М – вік, бонітет, повнота, запас насадження в корі [8, 26].

Як залежну змінну ми використовували відношення маси фракції фітомаси до стовбурового запасу деревостану в корі:

$$R_v = \frac{M_{fr}}{M} \quad (4).$$

де R_v – конверсійний коефіцієнт, M_{fr} – маса фракції фітомаси в абсолютно сухому стані, т/га, М – запас деревостану у корі, м³/га.

З метою отримання емпіричних рівнянь R_v були використані показники тимчасових пробних площ, на яких встановлювалася фітомаса за рівняннями 1, 2.

2. Основні статистичні характеристики біометричних показників та компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура у корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
X_{cp} (середнє арифметичне значення)	83,8	0,7	24,5	31,6	1,0	377,1	31,0	43,9
C_v (стандартна помилка)	2,80	0,01	0,63	1,03	0,07	25,69	2,03	2,41
σ (стандартне відхилення)	23,1	0,1	5,2	8,5	0,6	211,8	16,7	19,9
D (дисперсія вибірки)	533,1	0,01	26,8	71,9	0,3	44877,2	279,4	395,4
E (експес)	0,02	0,63	1,90	0,26	0,46	0,44	0,60	0,45
A (коефіцієнт асиметрії)	-0,43	-0,31	-1,54	-0,41	0,52	0,52	0,54	0,52
V (коефіцієнт варіації), %	27,5	10,8	21,1	26,8	55,9	56,2	53,9	45,3
min (мінімум)	29,0	0,5	9,0	10,0	0,0	16,7	1,9	10,0
max (максимум)	128,0	0,9	31,0	52,0	2,8	1059,0	85,6	108,0

У ході математичного моделювання отримані такі рівняння:
для деревини

$$R_{v(дер)} = 0,339 \times A^{0,025} \quad R^2=0,82 \quad (5);$$

для кори

$$R_{v(кори)} = 0,071 \times A^{-0,180} \quad R^2=0,82 \quad (6);$$

для крони

$$R_{v(крони)} = 2,32 \times A^{-0,877} \quad R^2=0,81 \quad (7).$$

де $R_{v(дер)}$ – конверсійний коефіцієнт деревини, $R_{v(кори)}$ – конверсійний коефіцієнт кори, $R_{v(крони)}$ – конверсійний коефіцієнт крони, A – вік насадження.

Використовуючи отримані конверсійні коефіцієнти соснових насаджень (рівняння 5–6), встановлено запас вуглецю згідно з «Розподілом лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, за 10-річними віковими періодами» (Форма № 5) державного лісового кадастру станом на 1 січня 2011 р. (останній облік насаджень) (рис. 5).

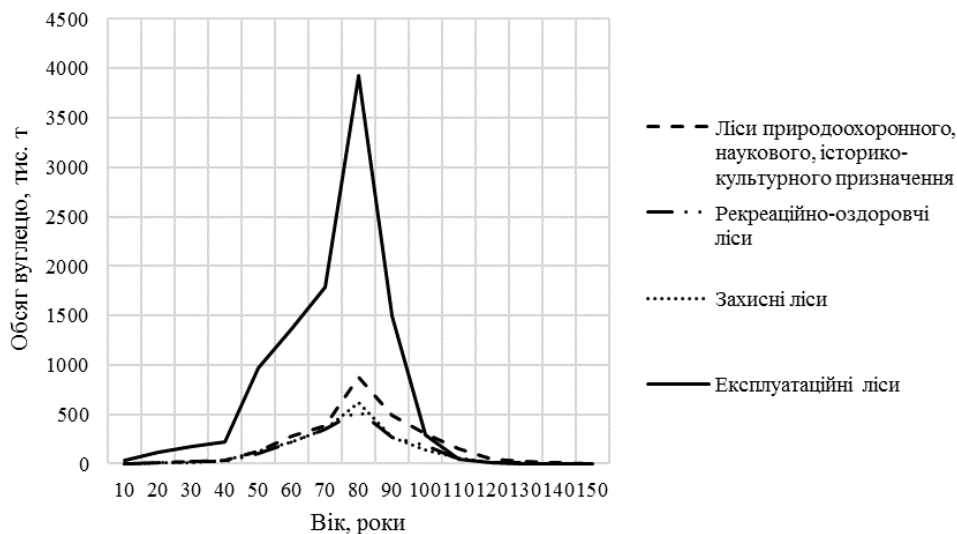


Рис. 5. Обсяг вуглецю в соснових насадженнях Чернігівського Полісся за категорією лісів

Згідно з отриманими результатами аналізу встановлено, що переважну більшість у Чернігівському Поліссі становлять лісові насадження IV категорії захищеності (експлуатаційні ліси), тому їх вуглецепоглиняльна здатність є більшою. Серед експлуатаційних лісів найбільшу вуглецеакумуляуючу здатність мають насадження у віці 80 років (3,92 млн т).

За даними Головного управління статистики Чернігівської області найбільшими забруднювачами довкілля викидами діоксиду вуглецю є стаціонарні та пересувні джерела забруднення (табл. 3).

За отриманими конверсійними коефіцієнтами, зважаючи на вікові зміни соснових насаджень різної категорії лісів Чернігівського Полісся та їх запас, встановлено щорічне депонування вуглецю, починаючи з 2008 року (табл. 3).

3. Порівняльні дані антропогенних викидів вуглецю та його депонування сосновими лісами Чернігівського Полісся

Роки	Кількість депонованого вуглецю за роками, млн т	Загальний обсяг щорічного поглинання вуглецю, млн т	Щорічні викиди вуглецю в атмосферне повітря	Різниця між викидами та депонуванням вуглецю за рік
2006	16,4	—	—	—
2007	16,5	0,03	2,30	2,27
2008	16,5	0,03	2,50	2,47
2009	16,5	0,03	2,40	2,37
2010	16,6	0,03	2,50	2,47
2011	16,6	0,03	2,50	2,47
2012	16,6	0,03	2,50	2,47
2013	16,7	0,03	2,40	2,37
2014	16,7	0,03	2,30	2,27
2015	16,7	0,03	2,00	1,97
2016	16,8	0,03	1,70	1,67
2017	16,8	0,03	1,60	1,57
2018	16,8	0,03	1,70	1,67

Примітки: * З 2004 р. – по автомобільному, залізничному транспорту; з 2007 р. – по автомобільному, залізничному транспорту та виробничій техніці.

Щорічно соснові ліси Чернігівського Полісся поглинають від 34,0 тис. т вуглецю з повітря, знижуючи щорічні викиди діоксиду вуглецю на 1,37–2,15 %.

Втрата 243 тис. га соснових насаджень через висихання спричиняє не тільки екологічні проблеми але й економічні, адже Україна мала би значні прибутки від продажу квот на світовому ринку, беручи активну участь у Паризькій угоді.

Радянські та іноземні науковці, зокрема А. Г. Лашенко (2004), Г. С. Домашовець (2008), О. В. Морозюк (2009), Д. Г. Щепашенка (2009), Р. В. Сендзюка (2010), Б. П. Чуракова (2012) та ін., у своїх наукових працях здійснювали пошук залежностей конфесійних коефіцієнтів, але запропоновані авторами рівняння мали недостатньо високий коефіцієнт детермінації та не зайшлий свого застосування на практиці. Тому ми застосували дещо інший методичний підхід, а отримані рівняння мають достатньо високий коефіцієнт детермінації і їх можна використовувати в подальших наукових дослідженнях.

Висновки

Проаналізовано кліматичні зміни за період 1968–2018 рр., встановлено тенденцію до зростання середньорічної температури повітря на 2,5 °С у регіоні дослідження. За допомогою отриманих емпіричних рівнянь встановлено що в Чернігівському Поліссі експлуатаційні соснові ліси у віці 80 років у своїй фітомасі накопичують 3,92 млн т вуглецю. З'ясовано, що соснові насадження Чернігівського Полісся щорічно поглинають від 34,0 тис. т, знижуючи викиди парникових газів від стаціонарних та

пересувних джерел забруднення від 1,37 до 2,15 %.

Перспективи подальших досліджень – отримані у процесі наших досліджень математичні рівняння конверсійних коефіцієнтів дають змогу швидко та ефективно встановити кількість акумульованого вуглецю сосновими насадженнями, що є важливим у встановленні обсягів зниження викидів парникових газів у навколишнє середовище через поглинутий вуглець сосновими деревами, а це, своєю чергою, надає змогу Україні виконати певні умови Паризької угоди.

References

1. Alekseev, I. A. (Ed.). (2006). Patent Rossiyskoy federatsii № 2272402 S2. Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnyih nasazhdeniy [In Russian].
2. Analitichniy dokument. (2018). *Evropeyska sistema torgsvls vikidami ta perspektivi vprovadzhennya sistemi torgivli vikidami v Ukrayini*. Ekspertno-doradchiy tsentr «Pravova analitika». Kyiv [In Ukrainian].
3. Atkin, A. S., & Atkina, L. I. (1999). *Sposob i dinamika organicheskoy massyi v lesnyih soobshchestvah*. Izd. UGLTA. Ekaterinburg [In Russian].
4. Borovikov, A. M., & Ugolev, B. N. (1989). *Spravochnik po drevesine: spravochnik*. Moskva: Lesn. prom-st [In Russian].
5. Buksha, I. F., Butrim, O. V., & Pasternak, V. P. (2008). *Inventarizatsiya parnikovih gaziv u sektori zemlekoristuvannya ta lisovogo gospodarstva: monografiya*. Harkiv: HNAU [In Ukrainian].
6. Churokov, B. P., & Manyakina, E. V. (2012). Deponirovanie ugleroda raznovozrastnyimi kulturami sosnyi. *Ulyanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal*, 1, 125–129 [In Russian].
7. Danilov, D. A., Belyaeva, N. V., & Gryaz'kin, A. V. (2018). Osobennosti formirovaniya zapasa i tovarnoy struktury modalnyih hvoynyih drevostoev sosnyi i eli k vozrastu spelogo nasazhdeniya. *Lesnoy Zhurnal*, 2, 40–48. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40 [In Russian].
8. Demakov, Yu. P., Puryaev, A. S., Chernyih, V. L., & Chernyih, L. V. (2015). Ispolzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassyi razlichnyih fraktsiy derevev i modelirovaniya ih dinamiki. *Vestnik Povolzhskogo Gosudarstvennogo Tehnologicheskogo Universiteta*, 2 (26), 19–36 [In Russian].
9. Gerasimovich, A. I., & Matveeva, Ya. I. (1978). *Matematicheskaya statistika*. Minsk: «Vysheyshaya shkola» [In Belorussia].
10. Hrynyk, H. H., & Zadorozhnyy, A. I. (2018). Some Models of Dynamics of Above-Ground Phytomass of Spruce Trees Depending on their Assessment Indices in the Prevailing Forest Types of Polonynsky Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (2), 9–19. doi: 10.15421/40280201 [In Ukrainian].
11. Kashpor, S. M., & Storchinskiy, A. A. (2013). *Lisotaksatsiyniy dovidnik*. Kiyiv: Vid. dim «Vinnichenko» [In Ukrainian].
12. Kischenko, I. T. (2019). Formirovanie drevesinyi stvola Picea abies (L.) Karst. v raznyih tipah soobshchestv taekhnoy zonyi. *Lesnoy Zhurnal*, 1, 32–39. doi: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32 [In Russian].
13. Klevtsov, D. N., Tyukavina, O. N., & Adayi, G. M. (2018). Bioenergeticheskii potentsial nadzemnoy fitomassyi kultur sosnyi obyiknovennoy taekhnoy zonyi. *Lesnoy Zhurnal*, 4, 49–55. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49 [In Russian].
14. Kobzar, A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika*. Dlya inzhenerov i nauchnyih rabotnikov. Moskva: FIZMATLIT [In Russian].
15. Lakida, P. I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrayini: monografiya*. Ternopil: Zbruch [In Ukrainian].
16. Lovinska, V. M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv Pinus sylvestris L. u derevostanah pivnichnogo stepu Ukrayini. *Naukoviy visnik NLTU Ukrayini*, 28 (8), 79–82. doi: 10.15421/40280816 [In Ukrainian].
17. Lovinska, V. M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (Pinus sylvestris L.) Pivnichnogo Stepu Ukrayini. *Visnik Agrarnoyi Nauk Prichornomor'ya*, 3, 73–78. doi: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12 [In Ukrainian].
18. Parizka uroda. Dokument №1469-VIII vid 14.07.2016. *Paris Agreement. Document №1469-VIII of 14.07.2016*. Retrieved from: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61 [In Ukrainian].

-
19. *Partnerstvo zaradi rinkovoyi gotovnosti v Ukrayini (PMR)*. (2019). Propozitsiyi schodo rozvitku instrumentiv vugletseвого tsinoutvorenniya v Ukrayini: zvit z modelyuvannya. Partnership for market readiness. Kyiv [In Ukrainian].
20. Pochtovyuk, A. B., & Pryahina, E. A. (2012). Torgovlya kvotami kak odin iz mehanizmov Kiotskogo protokola. *Problemyi Sovremennoy Ekonomiki*, 3 (43), 300–304 [In Russian].
21. Poluboyarinov, O. I. (1976). *Plotnost drevesinyi*. Moskva: Lesn. prom-st [In Russian].
22. *Publichniy zvit Golovi Derzhavnogo agentstva lisovih resursiv Ukrayini za 2017 rik*. Kiyiv [In Ukrainian].
23. Schepaschenko, D. G., Shvidenko, A. Z., & Shalaev, V. S. (2008). *Biologicheskaya produktivnost i byudzheth ugleroda listvennichnyih lesov Severo-Vostoka Rossii: monografiya*. Moskva: GOU VPO MGUL [In Russian].
24. Shvidenko, A. Z., Storchinskiy, A. A., Savich, Yu. N., & Kashpor, S. N. (1987). *Normativno-spravochnyie materialyi dlya taksatsii lesov Ukrainyi i Moldavii*. Kiev: Urozhay [In Ukrainian].
25. Soloviy, I. (2016). *Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur / reguluyvan schodo kontseptsii plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori*. European Union: ENPI EAST FLEG II. [In Ukrainian].
26. Sytnyk, S. A. (2019). Modeling of the trunk phytomass components of black locust stands in Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (3), 48–51. doi: 10.15421/40290310 [In Ukrainian].
27. Tretyakov, S. V. (Ed.). (2006). *Kiotskiy protokol. Istoriya razvitiya, tseli i printsipyi. Proektyi sovmesnogo osuschestvleniya v Ukraine: [sbornik informatsionno-metodicheskikh materialov]*. Donetsk: OOO «UKRDRUK» [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 20.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Мороз В. В., Никитюк Ю. А. Вуглецепоглиняльна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 90–99.

© Мороз Віра Василівна, Никитюк Юрій Андрійович, 2020



**BULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMY**

ISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)
<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>




original article | UDC 664.642:664.64.016.8 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.11

ECOLOGICAL BAKING OF WHEAT BREAD USING HOP SOURDOUGHS AND SPIRULINA

Hr. P. Zhemela

A. V. Bahan

O. V. Barabolia

S. M. Shakaliy

T. O. Chaika*

ORCID  [0000-0003-0167-7219](https://orcid.org/0000-0003-0167-7219)

ORCID  [0000-0001-8851-5081](https://orcid.org/0000-0001-8851-5081)

ORCID  [0000-0003-4123-9547](https://orcid.org/0000-0003-4123-9547)

ORCID  [0000-0002-4568-1386](https://orcid.org/0000-0002-4568-1386)

ORCID  [0000-0002-5980-7517](https://orcid.org/0000-0002-5980-7517)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: chayka_ta@ukr.net

At present, there is a growing demand in the society for organic products that are environmentally safe and natural. Therefore, along with applying accelerated production technologies, manufacturers are returning to the classical technologies, which ensure high quality products. One of such technology is the technology of baking bread on hop sourdoughs, which in its time was used mainly for baking bread from minor-quality and crude flour. The main argument in favor of bread baking technology on hop sourdough is that this bread can be baked without using pressed yeast. The purpose of the study was to investigate the rheological, bread baking and organoleptic characteristics of bread baked from Orzhysia wheat cultivar on various hop sourdoughs with the addition of spirulina. For baking bread, Orzhysia soft winter wheat cultivar, wild hop, and also wheat-hop sourdough (dried crushed mother culture) of “Hors” TM and the powder of blue-green spirulina algae were used. The studied flour had a smell and taste peculiar to wheat flour, without any foreign odors and flavors. When chewing flour, there was no crunch. The wheat protein content (12.9 %) corresponded to the second grade of wheat used for food purposes. The gluten content of flour from Orzhysia wheat grain corresponded to the gluten content of high grade flour and made 29.4 %, which is 4.4 % higher than the upper limit of the standard. Flour made from Orzhysia wheat grain as to all quality indicators, corresponded to the accepted standards and the optimum level for obtaining high quality bread. Wild hop sourdough and hop sourdough of “Hors” TM changed such organoleptic characteristics of bread quality as bread volume and vesiculation. Adding hop starter cultures of “Hors” TM had a peculiar effect on the taste of bread – it had an unpleasant bitter taste. The using of spirulina and baking bread on hop sourdough is a promising area. The results of the study enable us to recommend baking industry manufacturers the using of non-traditional mineral additives such as spirulina. It is expedient to use hop sourdough, especially from wild hop, for baking non-yeasted (quick) wheat bread. Bread according to the new recipes, slightly differed from the control sample concerning its quality, the coloring in the samples where spirulina pulp was added had a greenish tinge, taste and smell peculiar to this herbal supplement. The bread baked on hop sourdough of wild hops had a brownish crumb, the taste and aroma pleasant but bitter.

Key words: cultivar, flour, spirulina, hop, sourdough, technology.

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИПІКАННЯ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З ВИКОРИСТАННЯМ ХМЕЛЕВИХ ЗАКВАСОК І СПІРУЛІНИ

Г. П. Жемела, А. В. Баган, О. В. Бараболя, С. М. Шакалій, Т. О. Чайка,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Нині в суспільстві зростає прихильність до органічних продуктів, які є екологічно безпечними та натуральними. Тому поряд з використанням прискорених технологій виробництва повертаються до класичних технологій, що забезпечують високу якість продуктів харчування. Однією з таких технологій є випікання хліба на хмелевих заквасках, яка свого часу застосовувалася переважно для виготовлення хліба з борошна другого й обойного сортів. Найголовнішим аргументом на користь технології випікання хліба на хмелевих заквасках є те, що цей хліб можна виготовляти без використання пресованих дріжджів. Метою досліджень було дослідити реологічні, хлібопекарські та органолептичні показники пшеничного хліба з сорту Оржиця на різних хмелевих заквасках з додаванням спіруліни. Для випікання хліба використовували зерно пшениці м'якої озимої сорту Оржиця та хміль дикий, закваску пшенично-хмелеву (маточну суху подрібнену) ТМ «Хорс» та порошок синьо-зеленої водорості спіруліни. Досліджуване борошно має запах та смак, властивий борошну з пшениці, без сторонніх запахів і присмаків. При розжовуванні борошна не відчувається хрускіт. Вміст клейковини в борошні із зерна пшениці сорту Оржиця відповідає вмісту клейковини борошна вищого сорту та становить 29,4 %, що на 4,4 % більше верхньої межі стандарту. Борошно із зерна пшениці сорту Оржиця за всіма показниками якості входить в межі допустимих норм та відповідає оптимальному рівню для одержання високоякісного хліба. Закваска з хмелю дикого та хмелева закваска фірми ТМ «Хорс» змінили такі органолептичні показники якості хліба, як об'єм хліба та пористість. Особливий вплив на смакові якості хліба мало використання хмелевої закваски ТМ «Хорс», що ддала йому дещо неприємного гіркого смаку. Дані, отримані в результаті дослідження, дають змогу рекомендувати виробникам хлібопекарської промисловості використовувати нетрадиційні мінеральні добавки, такі як спіруліна. Застосовування хмелевої закваски, особливо з дикого хмелю, доцільно використовувати для приготування бездріжджового пшеничного хліба.

Ключові слова: сорт, борошно, спіруліна, хміль, закваска, технологія.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ВЫПЕЧКИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХМЕЛЕВЫХ ЗАКВАСОК И СПИРУЛИНЫ

Г. П. Жемела, А. В. Баган, О. В. Бараболя, С. Н. Шакалий, Т. А. Чайка,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

В настоящее время в обществе усиливается приверженность к органическим продуктам, которые являются экологически безопасными и натуральными. Поэтому, наряду с использованием ускоренных технологий производства, возвращаются к классическим технологиям, обеспечивающим высокое качество продуктов питания. Одной из таких технологий является технология выпечки хлеба с использованием хмелевых заквасок, которые в свое время применялись преимущественно для изготовления хлеба из муки второго и обойного сортов. Главным аргументом в пользу технологии хлеба с использованием хмелевых заквасок является то, что этот хлеб можно изготавливать без использования пресованных дрожжей. Целью статьи было исследовать реологические, хлебопекарные и органолептические показатели пшеничного хлеба из сорта Оржица на разных хмельных заквасках с добавлением спирулины. Для выпечки хлеба использовали зерно пшеницы мягкой озимой сорта Оржица и хмель дикий, закваску пшенично-хмелевую (маточную сухую измельченную) ТМ «Хорс» и порошок сине-зеленой водоросли спирулины. Закваска с хмеля дикого и хмелевая закваска фирмы ТМ «Хорс» изменили такие органолептические показатели качества хлеба, как объем хлеба и пористость. Особое влияние на вкусовые качества хлеба имело использование хмелевой закваски ТМ «Хорс», что добавила ему несколько неприятный горький вкус. Данные, полученные в результате исследования, позволяют рекомендовать производителям хлебопекарной промышленности использо-

вать нетрадиционные минеральные добавки, такие как спирулина. Применение хмелевой закваски, особенно дикого хмеля, целесообразно использовать для приготовления бездрожжевого пшеничного хлеба.

Ключевые слова: сорт, мука, спирулина, хмель, закваска, технология.

Вступ

Одним з пріоритетних завдань сучасного хлібопечення є випуск продукції, яка відрізняється покращеними споживними властивостями. Для виконання цього завдання необхідно максимально залучити в господарський обіг місцеві сировинні ресурси рослинного походження, розробити оптимальні способи їх переробки з метою отримання біологічно цінних напівфабрикатів, що стане поштовхом для виробництва функціональних продуктів харчування [1, 6].

У суспільстві зростає прихильність до органічних продуктів, які є екологічно безпечними та натуральними. Тому, поряд з використанням прискорених технологій, повертаються до класичних технологій, що забезпечують високу якість виробів. Однією з таких технологій є технологія хліба на хмелевих заквасках, яка свого часу застосовувалася переважно для виготовлення хліба з борошна другого й обойного сортів. Як стверджує Рак В. П., хліб на хмелевих заквасках є приємним на смак, довше зберігає свіжість та аромат, але має високу кислотність [7, 14].

Вагомий теоретичний і практичний вклад при розв'язанні проблеми удосконалення технологій виготовлення хліба з використанням хмелю внесли також такі вчені: Поландова Р. Д., Пашенко Л. П., Корячкіна С. Я., Дерканосова Н. М., Росляков Ю. Ф. [11, 12, 16].

Одним з напрямів підвищення мікробіологічної чистоти хлібобулочних виробів є використання у хлібопеченні хмелевих заквасок. Але на цьому етапі проведено недостатньо досліджень з вивчення впливу гірких речовин хмелю.

На сьогодні слабо висвітленим залишається питання вивчення впливу хмелевих заквасок, виготовлених з різних сортів хмелю, на смакові та ароматичні властивості готових хлібобулочних виробів [9, 14].

У сучасній хлібопекарській промисловості розроблено декілька способів виготовлення хліба з використанням хмелю. На думку деяких дослідників [19, 20], хліб, виготовлений з додаванням хмелевого відвару, не лише має гарний смак та аромат, але й більший термін зберігання й значно менше пошкоджується пліснявою та картопляною хворобою [6, 14], що проявляють токсичну дію на грампозитивні бактерії. Речовини хмелю перешкоджають розвитку патогенних мікроорганізмів, а також пригнічують розвиток деяких грибів [8, 14].

Автори праці [3, 10] вважають, що у хлібі на хмелевій заквасці, завдяки кислотам, які утворюються під час бродіння, фітин зернових продуктів втрачає здатність зв'язувати кальцій у нерозчинні комплекси і тим самим поліпшується його засвоюваність.

Найголовнішим аргументом на користь технології хліба на хмелевих заквасках є те, що цей хліб можна виготовляти без використання пресованих дріжджів. Нині на підприємствах виробництво масових сортів хліба здійснюють за прискореними технологіями, які передбачають використання збільшеної кількості пресованих дріжджів. Ці технології є простішими, що спрощує їх керування технологічними процесами, хліб добре розпушений. Але він втрачає звичний смак і аромат, швидше черствіє. Крім того, в літературі є відомості, що використання дріжджів у великих кількостях призводить до зниження імунітету, негативно впливає на організм людини загалом [13, 15, 19].

Отже, ця проблема залишається актуальною й потребує подальших досліджень щодо вибору сорту хмелю для хлібопечення та способів його підготовки, дозування, підбору мікрофлори заквасок, що сприятимуть підвищенню якості, хлібопекарських властивостей хліба тощо.

Метою нашого дослідження є дослідити реологічні, хлібопекарські та органолептичні показники пшеничного хліба із сорту Оржиця на різних хмелевих заквасках з додаванням спіруліни.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі *завдання*:

- вивчити способи виготовлення хмелевих заквасок;
- провести випічку зразків хліба сорту пшениці м'якої озимої Оржиця на досліджуваних заквасках з додаванням спіруліни в лабораторних умовах;
- визначити реологічні, хлібопекарські та органолептичні показники якості досліджуваних зразків пшеничного хліба із сорту Оржиця;
- виділити кращі варіанти досліджуваних зразків для впровадження у виробництво.

Матеріали і методи досліджень

Зерно пшениці м'якої озимої сорту Оржиця, що використовується в дослідженнях, вирощене на полі фермерського господарства ПСП «Нагода» Новосанжарського району Полтавської області.

Для випікання хліба використовували хміль дикий, закваску пшенично-хмелеву (маточну суху подрібнену) ТМ «Хорс» та порошок синьо-зеленої водорості спіруліни.

Результати досліджень та їх обговорення

Органолептичні та хлібопекарські показники борошна з зерна пшениці сорту Оржиця наведено в таблиці 1.

1. Показники якості борошна із зерна пшениці сорту Оржиця

Показник		Допустима норма згідно з ДСТУ46.004-99, ДСТУ 3768: 2019	Фактична якість	Висновок щодо відповідності нормам
Колір		Білий, білий з жовтуватим відтінком	Білий	відповідає
Запах		Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	Властивий пшеничному борошну	відповідає
Смак		Смак властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий. При розжовуванні не відчувається хруст	Смак властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий. При розжовуванні не відчувається хруст	відповідає
Вологість, % не більше		15,0	11,0	відповідає
Вміст клейковини, %		не менше ніж 24,0; 25,0; 21,0	29,4	відповідає
Якість клейковини	група	I–II	II	відповідає
	од. приладу ВДК-1	45–100	88	відповідає
Вміст білка, %		12,5	12,9	відповідає
Число падання, с		160	346	відповідає

За оцінкою борошна з зерна пшениці (на прикладі борошна вищого сорту) порівняно зі стандартами встановлено відповідність органолептичних властивостей (колір, запах, смак) нормам [4, 5] для борошна вищого сорту. Досліджуване борошно має запах та смак, властивий борошну з пшениці, без сторонніх запахів і присмаків. При розжовуванні борошна не відчувається хрускіт.

З табл. 1 видно, що зерно пшениці сорту Оржиця стабільно має високі хлібопекарські властивості. Вміст клейковини в борошні з зерна пшениці цього сорту відповідає вмісту клейковини борошна вищого сорту і становить 29,4 %, що на 4,4 % більше верхньої межі стандарту.

Показники приладу ВДК-1 за якістю клейковини борошна з зерна пшениці вказаного сорту (88 од.) відповідають II групі якості та характеризується як задовільно слабка клейковина. Вміст білка в сорті пшениці (12,9 %) відповідає другому класу пшениці, що використовують на продовольчі цілі. Встановлено, що число падіння для борошна з зерна пшениці сорту Оржиця – 346 с., що майже в 2,5 рази більше встановлених вимог.

Отже, борошно з зерна пшениці сорту Оржиця за всіма показниками якості є в межах допустимих норм та відповідає оптимальному рівню для одержання високоякісного хліба. Відмічено добру вологопоглинаючу здатність борошна, тісто швидко замішувалося (2,5 хв.), в добрій консистенції перебувало близько 1 хв., після чого активно зріджувалося.

Для приготування закваски з дикого хмелю використовували шишки, що висушувалися, після чого заливалися кип'яченою водою та настоювалися на водяній бані. Після відстоювання зливали настій та добавляли згідно з рецептурою цукор та борошно. Після приготування закваску залишали на

дві доби в теплому місці за температури 20–22 °С.

Закваску хмелеву ТМ «Хорс» розводили водою температури від 25 °С до 35 °С, після чого добавляли цукор та залишали на дві доби в теплому місці при температурі 20–22 °С.

Дані, отримані у процесі проведення дослідів щодо використання органічної добавки спіруліни не впливає на процес бродіння тіста. Введення органічної добавки спіруліни в борошняні напівфабрикати збагачує хлібобулочні вироби макро- і мікроелементами.

При використанні добавки спіруліни пористість та об'єм хліба не змінюється. Органолептичні показники якості відповідають очікуваним змінам, які відбуваються в кольорі м'якушки, він стає приємно зеленкуватого кольору (через колір самої органічної добавки спіруліни), та запах має аромат спіруліни (табл. 2). Тому можна сказати, що суттєвого впливу на будову та властивості клейковинного каркасу добавка спіруліни не мала.

2. Органолептичні показники якості хліба з зерна пшениці сорту Оржиця

Хліб		Колір скоринки	Зовнішній вигляд	Колір м'якушки	Запах	Смак	Загальна хлібопекарська оцінка, бал
Контроль	без спіруліни	жовтий	гладка скоринка, без забруднення, тріщин	білий	хлібний	властивий хлібу	4,8
	2 % спіруліни	світло зеленкуватий	гладка скоринка, без забруднення, тріщин	зеленкуватий	добавки	властивий хлібу	4,7
Дикий хміль	без спіруліни	світло-коричневий	скоринка увігнута, незначні тріщини й підриви	коричневий	хлібний	властивий хлібу з гірчинкою	4,3
	2 % спіруліни	світло зеленкуватий	скоринка рвана, незначні тріщини й підриви	коричневий з зеленкуватим відтінком	добавки	гіркий	3,0
Закваска хмелева ТМ «Хорс»	без спіруліни	коричневий	скоринка рвана, незначні тріщини й підриви	коричневий	хлібний	властивий хлібу з гірчинкою	2,5
	2 % спіруліни	світло зеленкуватий	скоринка рвана, тріщини й підриви	темно-коричневий з зеленкуватим відтінком	добавки	гіркий	2,0

Закваска з хмелю дикого та хмелева закваска фірми ТМ «Хорс» змінили такі органолептичні показники якості хліба, як об'єм хліба та пористість. Особливий вплив мав хміль на смакові якості хліба. Використання хмелевої закваски ТМ «Хорс» при випічці хліба мало неприємний гіркий смак.

Спосіб лабораторного випікання пшеничного хліба з добавкою 2 % спіруліни та заміна дріжджей на хмелеву закваску. Сіль кухонна додавалась відповідно до рецептури 1,5 %, води питної в кількості 55–60 % від маси суміші борошна пшеничного та порошку спіруліни. Бродіння тіста відбувалось у термостаті за температури 32–34 °С впродовж 120–160 хв. та випікання впродовж 20–30 хв. за температури 220–240 °С. Хліб пшеничний з добавками спіруліни випечений на хмелевій заквасці, мав задовільну оцінку з органолептичних показників якості.

Доцільно також зазначити, що такий хліб пшеничний буде відноситися до натуральних продуктів харчу-

вання з корисними й оздоровчими властивостями. Це особливо актуально в сучасних умовах, коли у світі наголошують на необхідності підвищення якості продуктів харчування, забезпеченні продовольчої безпеки країни, розвитку натурального й органічного сільського господарства [2, 17, 18].

Висновки

За органолептичними показниками якості хліб пшеничний (контроль) відповідає стандарту, а саме: поверхня гладенька, без тріщин та підривів; м'якушка – еластична, швидко відновлюється, пропечена – не волога на дотик, не липка, з розвиненою рівномірною пористістю, забарвлення м'якушки – кремове. Доведено доцільність використання рослинної добавки спіруліни до пшеничного борошна не більше 2 %. Саме за такого дозування визначались органолептичні показники якості хліба на відмінно, а саме (4,7 бали).

Перспективи подальших досліджень. Дані, отримані в результаті дослідження, дають змогу рекомендувати виробникам хлібопекарської промисловості використовувати нетрадиційні мінеральні добавки, такі як спіруліна. А використання хмелевої закваски, особливо з дикої хмелю, дозволяє внести новизну в смакових показниках бездріжджового пшеничного хліба. В подальшому планується урізноманітнити склад бездріжджового пшеничного хліба за рахунок екологічних продуктів рослинного походження.

References

1. Barabolia, O. V., Kalashnyk, O. V., Moroz, S. E., Zhemela, H. P., Yudicheva, O. P., & Serhiienko, O. V. (2018). Vykorystannia napivfabrykativ harbuza dlia zbahachennia khliba pshenychnoho. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 76–80. doi: 10.31210/visnyk2018.04.11 [In Ukrainian].
2. Chaika, T. O. (2013). *Rozvytok vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v ahrarnomu sektori ekonomiky Ukrainy: monohr.* Donetsk: Vyd-vo «Noulidzh».
3. Do Carmo Barbosa Mendes de Vasconce, M., Bennett, R. N. E., Rosa, A. S., & Ferreira-Cardoso, J. V. (2009). Industrial processing effects on chestnut fruits (*Castanea sativa* Mill.). 2. Crude protein, free amino acids and phenolic phytochemicals. *International Journal of Food Science & Technology*, 44 (12), 2613–2619. doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02092.x.
4. DSTU 3768:2019. *Pshenytsia. Tekhnichni umovy.* (2019). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [In Ukrainian].
5. DSTU 46.004-99. *Boroshno pshenychne. Tekhnichni umovy.* (1999). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [In Ukrainian].
6. Gunathilake, K. D. P. P., & Abeyrathne, Y. M. R. K. (2008). Incorporation of coconut flour into wheat flour noodles and evaluation of its rheological, nutritional and sensory characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32 (1), 133–142. doi: 10.1046/j.1439-0361.2003.02062.x.
7. Indrani, D., Soumya, C., Rajiv, J., & Venkateswara, G. (2010). Rao Multigrain bread – its dough rheology, microstructure, quality and nutritional characteristics. *Journal of Texture Studies*, 41 (3), 302–319. doi: 10.1111/j.1745- 4603.2010.00230.x.
8. Konopka, I., Tanska, M., Faron, A., & Czaplicki, S. (2014). Release of free ferulic acid and changes in antioxidant properties during the wheat and rye bread making process. *Food Science and Biotechnology*, 23 (3), 831–840. doi: 10.1007/s10068-014-0112-6.
9. Kostetska, K. V., & Yevchuk, Y. V. (2016). Physical and mechanical properties and quality indicator of wheat. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 8 (2), 187–192.
10. Leontev, M. M., Kuzminskij, R. V., & Seregina, N. V. (2003). Hleb s hmelevym otvarom. *Hlebo-produkty*, 9, 40 [In Russian].
11. Osokina, N., Kostetska, K., Gerasymchuk, H., Voziiian, V., Telezhenko, L., Priss, O., Zhukova, V., Verkholantseva, V., Palyanichka, N., & Stepanenko, D. (2017). Development of recipes and estimation of raw material for production of wheat bread. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 26–34. doi: 10.21303/2504-5695.2017.00381.
12. Pasichnyk, I. O. (2014). Vplyv khmelovoho ekstraktu z pidvyshchenym vmistom zahalnykh poli fenoliv na yakist khliba. *Ahropromyslove Vyrobnystvo Polissia*, 7, 77–80 [In Ukrainian].
13. Pejcz, E., Mularczyk, A., & Gil, Z. (2016). Technological characteristics of wheat and non-cereal flour blends and their applicability in bread making. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54 (1), 69–78.
14. Rak, V. P. (2012). Udoshkonalennia tekhnolohii khliba z vykorystanniam khmeliu. *Extended abstract*

of candidate's thesis. Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii, Kyiv [In Ukrainian].

15. Rak, V. P., Irkha, Yu. O., & Yurchak, V. H. (2010). Obgruntuvannia ta rozroblennia sposobu vyhotovlennia pshenynchoho khliba na khmelevykh zakvaskakh. *Naukovi Pratsi Odeskoi Natsionalnoi Akademii Kharchovykh Tekhnolohii*, 38 (1), 200–204 [In Ukrainian].

16. Rak, V. P., Yurchak, V. H., Protsenko, L. V., & Pasichnyk, I. O. (2010). Vykorystannia khmeliu dlia zbahachennia khliba biolohichno aktyvnymy rehovynamy. *Kharchova Promyslovist*, 9, 39–42 [In Ukrainian].

17. Yasnolob, I. O., Chayka, T. O., Galych, O. A., Kolodii, O. S., Moroz, S. E., Protsiuk, N. Y., & Lo-tych, I. I. (2019). Stimulating the increasing of natural soil fertility: economic and environmental aspects. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3), 267–271. doi: 10.15421/2019_89.

18. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 280–286. doi: 10.15421/2018_339.

19. Yurchak, V. H., Rak, V. P., Dakhno, B. M., & Tserkovna, S. M. (2009). Povertaemosia do pryz-abutoi tekhnolohii vyhotovlennia khliba na khmelevykh zakvaskakh. *Khlibopekarska Kondyterska Promyslovist Ukrainy*, 03 (52), 39–42 [In Ukrainian].

20. Yurchak, V. H., Rak, V. P., Dakhno, B. M., & Tserkovna, S. M. (2008). Rol khmeliu u vyrobnytstvi khliba za suchasnymy tekhnolohiiamy. *Naukovi Pratsi Natsionalnoho Universytetu Kharchovykh Tekhnolohii*, 25 (1), 23–25 [In Ukrainian].

21. Yurchak, V. H., Rak, V. P., Hrehirchak, N. (2009). Doslidzhennia vplyvu khmeliu na mikrofloru khliba. *Khlibopekarska i Kondyterska Promyslovist Ukrainy*, 6 (55), 45–47 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 22.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Жемела Г. П., Баган А. В., Бараболя О. В., Шакалій С. М., Чайка Т. О. Екологізація випікання пшеничного хліба з використанням хмелевих заквасок і спіруліни. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 100–106.

© Жемела Григорій Пимонович, Баган Алла Василівна, Бараболя Ольга Валеріївна, Шакалій Світлана Миколаївна, Чайка Тетяна Олександрівна, 2020



original article | UDC 636.2.034:612.664 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.12

MILK PRODUCTIVITY OF THE FOURTH LACTATION COWS DEPENDING ON LACTATION AGE OF MOTHER-COWS

N. O. Kapshuk

ORCID  [0000-0002-2859-2795](https://orcid.org/0000-0002-2859-2795)

Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Sergiia Efremova str., Dnipro, 49600, Ukraine
Email: kapshuk-1990@ukr.net

Studying the realization of the genetic potential of milk productivity of the Holstein daughter cows of the fourth lactation, born by mothers in the first, second, third, and fourth lactations was carried out. The research was conducted at the industrial complex for maintaining purebred Holstein cows of the “Agro-Soyuz” Private Joint-Stock Partnership in Synelnykove district of Dnipropetrovsk region. Milking at the complex was conducted three times a day (two times before drying), on the milking installation of the “Parallel” type. The animals were provided with a passive motion, they were kept in easy-disassembled cow barns with boxes for having rest, and sand served as litter. The maintenance technology at the industrial complex provided the feeding of animals with generally mixed rations of conserved and concentrated feeds being distributed twice a day on the feeding table. It was established that milk yield indices during the full lactation period, the duration of the productive period, qualitative characteristics of dairy products were better and more stable in Holstein daughter cows of the fourth-lactation born by the third-lactating mothers, in which milk fat index was 644.3 kg and milk protein index – 540.3 kg, while daughter cows of the fourth lactation born by the fourth-lactating mothers, were distinguished by the best indicators of the organism functional activity, such as the highest daily milk yield during the full lactation period – 49.4 kg, which indicated the cows’ considerably high potential for milk synthesis and secretion. The indicator of physical fitness was also high considering the estimated 4 % milk obtained during one day for 305 days of lactation (kg), which made 39.4 and 38.5, correspondingly. As for the amount of milk obtained per 1 kg of live weight calculated for 4 % milk during the adjusted lactation period (305 days), it was 18.5 kg. In this case live weight of animals did not affect the indices of milk productivity and functional activity of lactating organism directly. So, the experimental daughter cows of four groups were characterized by a rather high live weight, which was approximately 626.9 kg. The fourth-lactating daughter cows, born by mothers of the second lactation had the maximum live weight and their productive indices were also at a rather high level making 635.1 kg.

Keywords: lactation, milk-yield, milk fat, milk protein, milk yielding coefficient.

МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ ЧЕТВЕРТОЇ ЛАКТАЦІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВІКУ В ЛАКТАЦІЯХ КОРІВ-МАТЕРІВ

Н. О. Капшук,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Проведено дослідження реалізації генетичного потенціалу молочної продуктивності голштинських корів-дочок четвертої лактації, народжених від матерів у першу, другу, третю та четверту лактації. Дослідження проведені на базі промислового комплексу з експлуатації чистопородних голштинських корів Приватного акціонерного товариства «Агро-Союз» Синельниківського району Дніпропетровської області. На комплексі триразове (дворазове перед запуском) видоювання на доїльний установаці типу «Паралель». Тварини забезпечені пасивним моціоном, утримувалися в легкозбірних корівниках з відпочинком у боксах, де підстилкою слугує пісок. Технологія експлуатації на промисловому комплексі передбачає годівлю тварин загальнозмішаними раціонами консервованих та

концентрованих кормів з роздачею на кормовий стіл двічі на добу. Встановлено, що за показниками удою за повну лактацію, тривалістю продуктивного періоду, якісними характеристиками молочної продукції більш продуктивними і стабільними виявились корови-дочки голштинської породи четвертої лактації народжені від матерів третьої лактації, у яких показник продукції молочного жиру 644,3 кг та білку – 540,3 кг. Натомість, корови-дочки четвертої лактації, отримані від матерів четвертої лактації, відзначилися найкращими показниками функціональної активності організму, такими як найвищий добовий удій за повну лактацію у яких він становив 49,4 кг, що вказує на їх достатньо високий потенціал до синтезу та секреції молока. А також показник кількості фізичного та в перерахунку на 4 % молоко, отриманого за одну добу за 305 днів лактації (кг), що становила 39,4 та 38,5 відповідно. Та за кількістю молока, отриманого на 1 кг живої маси, в перерахунку на 4 % молоко в межах скоригованої лактації (305 діб), яка становила – 18,5 кг. Жива маса тварин у цьому випадку не має прямого впливу на показники молочної продуктивності та функціональну активність лактуючого організму. Так, піддослідні корови-дочки чотирьох груп характеризувалися досить високою живою масою, яка коливалася в середньому 626,9 кг. Максимальною живою масою характеризувались корови-дочки четвертої лактації, народжені від матерів другої лактації, у яких продуктивні показники були на відносно високому рівні і становили 635,1 кг.

Ключові слова: лактація, удій, жир- і білковомолочність, коефіцієнт молочності.

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ЧЕТВЕРТОЙ ЛАКТАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА В ЛАКТАЦИИ КОРОВ-МАТЕРЕЙ

Н. А. Капшук,

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина

Проведено исследование реализации генетического потенциала молочной продуктивности коров-дочерей голштинской породы четвертой лактации, рожденных от матерей в первую, вторую, третью и четвертую лактации. Исследования проведены на базе промышленного комплекса по эксплуатации чистопородных голштинских коров ЧАО «Агро-Союз» Днепропетровской области. Продуктивные качества подопытных животных характеризовали по показателям живой массы (кг), длительности лактации (дней), показателями удоя за лактационный период и за 305 дней лактации (кг) физического и 4 %-ого молока. Установлено, что по показателям удоя за полную лактацию, продолжительности продуктивного периода, качественными характеристиками молочной продукции более производительными и стабильными оказались коровы-дочери четвертой лактации, рожденные от матерей третьей лактации.

Ключевые слова: лактация, удой, жир- и белковомолочность, коэффициент молочности.

Вступ

Питання вікової зміни рівня молочної продуктивності спеціалізованих молочних порід великої рогатої худоби за різних особливостей технології виробництва молока та технічного оснащення виробничого процесу – досить добре висвітлене у працях вітчизняних та закордонних науковців [15, 16]. Світовою практикою молочного скотарства прийнято порівнювати прояв генетичного потенціалу молочної продуктивності первісток та повновікових корів. [8, 9, 13, 14, 18–20].

За результатами своїх досліджень, науковці однозначно погоджуються, що з віком молочна продуктивність корів зростає, потім стабілізується в повновіковому віці, а на фоні технологічного оснащення організму – знижується.

Корови молочного напрямку продуктивності здатні роздоюватися та збільшувати рівень молочної продуктивності до 5–7 лактацій [10]. Біологічно зумовлена тривалість продуктивного періоду для великої рогатої худоби складає 12–17 лактацій, але на сьогодні в жорстких умовах інтенсивної технології виробництва молока в багатьох господарствах тривалість продуктивного життя складає 3–3,5 лактацій. Більшість тварин не доживають до 4–6 лактації, хоча саме в цей час проявляється їх найвища продуктивність [3–6].

На сьогодні одним з щонайперших завдань селекціонера має бути виявлення продуктивного потенціалу корів до віку 3–4 лактації, відбір високопродуктивних корів і подальше використання їх для отримання високоцінного потомства.

У галузі молочного скотарства найбільш важливими статеві-віковими групами є корови і ремонт-

ні телиці. Від якості первісток, які вводяться в стадо, залежить інтенсивність вибіракування низькопродуктивних корів, і як наслідок, рівень покращення стада. Темп оновлення стада залежить від якості ремонтних телиць [1, 2, 7, 10, 12].

Важливим і недостатньо вивченим є питання впливу віку в лактаціях корів-матерів на прояв генетичного потенціалу молочної продуктивності їх дочок.

Мета роботи – виявити залежність рівня прояву генетичного потенціалу молочної продуктивності корів-дочок четвертої лактації, отриманих від матерів різного віку – першої-четвертої лактації.

Серед *завдань досліджень*: визначити кількість фізичного та 4 % молока за лактацію та 305 діб, а також його якісні характеристики (масова частка жиру та білку) у піддослідних тварин за віком у лактаціях.

Матеріали і методи досліджень

Експериментальну частину досліджень проведено на промисловому комплексі з виробництва молока корів голштинської породи ПрАТ «Агро-Союз», на якому інтенсивна технологія експлуатації корів представляє: запуск у сухостій на 234 добі тільності; отелення в родовій секції на глибокій солом'яній підстильці та 30-хвилинному сумісному перебуванні з новонародженим телям; однократне осіменіння цервікальним методом з ректальною фіксацією шийки матки; триразову роздачу повнораціонної кормосуміші на кормовий стіл; вільний доступ до води (підігрітої взимку); триразове (дворазове в кінці лактації) видоювання на доїльний установці типу «Паралель»; пасивний моціон з відпочинком у боксах безвигульного корівника з легких конструкцій на 600 скотомісць; охолодження зони утримання корів у літній період через рух повітря вентиляторами та розпиленням води; прибирання гною дельта-скрепером та бульдозером.

Відібране поголів'я корів було сформоване в чотири групи: I група (n=35) – тварини народжені від корів-матерів у першу лактацію; II група (n=35) – тварини народжені від корів-матерів у другу лактацію; III група (n=35) – тварини народжені від корів-матерів у третю лактацію; IV група (n=35) – тварини народжені від корів-матерів у четверту лактацію. Проте вже до четвертої лактації з 35 голів відібраних залишилось: I група (n=5) – тварини, народжені від корів-матерів у першу лактацію; II група (n=7) – тварини, народжені від корів-матерів у другу лактацію; III група (контрольна), (n=8) – тварини, народжені від корів-матерів у третю лактацію; IV група (n=5) – тварини, народжені від корів-матерів у четверту лактацію.

Оцінку продуктивних якостей піддослідних корів проводили, зважаючи на вік у лактаціях, живу масу (кг), тривалість лактаційного та міжотельного періодів (діб), удій молока за увесь лактаційний період та в перерахунку на 305 діб (кг).

Оскільки на секрецію молочного жиру організм корів витрачає майже половину енергії раціону, для об'єктивної оцінки продуктивних якостей отриманий удій перераховували у 4-відсотковий: 4 %-не молоко = $(0,4 \times \text{удій, кг}) + (15 \times \text{мол. жир, кг})$.

Усі досліджувані показники опрацьовували шляхом варіаційної статистики за методиками М. А. Плохінського з використанням статистичної програми Microsoft Office Excel. За результатами біометричної обробки даних визначали середню арифметичну величину (M) та її похибку (m), вірогідність різниці між порівняними даними – за критерієм Стю'дента (td), рівень ймовірності (P).

Результати досліджень та їх обговорення

Розвиток організму тварин та його господарсько-корисні ознаки є результатом взаємодії двох основних чинників – генотипу й середовища, що і визначає рівень прояву цих ознак. Але ефективність роботи промислових комплексів зонайбільше залежить не лише від генетичного потенціалу корів, а й від тривалого господарського використання упродовж життя.

Рівень молочної продуктивності корів на промисловому комплексі визначається, зокрема від живої маси. Чим вища ця маса, тим більше споживають тварини кормів, що і визначає рівень удою [1]. У проведених дослідженнях (табл. 1) піддослідні корови в четверту лактацію характеризувалися достатнім розвитком, а тому високою живою масою. При цьому тварини II і IV груп мали практично рівну масу тіла, яка становила у середньому відповідно 635,1 і 633,4 кг.

Лише дещо нижчою живою масою відзначалися корови III (контрольної) групи, у яких цей показник був на рівні 627 кг. Відносно найнижчим показником маси тіла характеризувалися тварини I групи, оскільки їх показник не перевищував 612 кг. Тим не менше, жива маса корів чотирьох дослідних груп була відповідно до корів голштинської породи.

1. Рівень молочної продуктивності корів-дочок у четверту лактацію

Група тварин за віком у лактаціях	Жива маса, кг	Лактація, діб	Удій молока (кг) за:			
			лактацію		305 діб	
			фізичне молоко	те ж у 4 %	фізичне молоко	те ж у 4 %
I, n=5	612,0 ±9,24	330,2 ±0,94*	9483,4 ±287,63**	9270,2 ±312,07	10101,8 ±314,33	9857,2 ±272,32
II, n=7	635,1 ±15,49	397,6 ±5,09*	12598,7 ±449,35**	12054,8 ±436,42	10578,0 ±336,88	10127,2 ±354,50
III (контрольна, n=8)	627,0 ±10,42	563,9 ±29,68	16964,3 ±1384,17	16450,9 ±1333,80	10997,0 ±480,82***	10663,9 ±451,89
IV, n=5	633,4 ±6,47	490,0 ±73,85	13832,8 ±468,39**	13501,3 ±461,04	12031,0 ±465,64***	11741,6 ±449,59

Примітки: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

У корів I групи цей період тривав у середньому 330,2 доби, натомість у корів II групи він був довшим на 16,95 % ($P < 0,001$) і становив у середньому 397,6 доби. Досить тривалим періодом лактації характеризувалися корови IV групи, у яких він становив 490 діб, що було більше показника тварин II групи на 18,86 %, а тварин III групи – на 32,61 % ($P < 0,05$). Найтривалішим лактаційним періодом відзначалися корови III (контрольної) групи, у яких його значення становило у середньому 563,9 доби, що перевищувало показник тварин I групи 41,44 % ($P < 0,001$), а корів II групи на – 29,49 % ($P < 0,001$).

Оскільки піддослідні тварин мали значну живу масу, а тривалість лактації в чотирьох дослідних групах була різною, від тварини було отримано різну кількість молока. Так, найнижчим удоєм за увесь лактаційний період характеризувалися корови I групи, від яких було отримано 9483,4 кг фізичного, або 9270,2 кг 4 % молока. Водночас удій корів II і IV груп на ці показники були відповідно 12598,7 і 12054,8 та 13832,8 і 13501,3 кг. За показником фізичної маси молока тварин II і IV груп перевищували показник корів I групи відповідно на 24,73 % ($P < 0,001$) і 31,44 % ($P < 0,001$), а за показником 4 % молока – відповідно на 23,10 % ($P < 0,001$) і 31,34 % ($P < 0,001$). Найвищим показником удою за увесь лактаційний період відзначалися корови III (контрольної) групи, які секретували 16964,3 кг фізичного, або 16450,9 кг 4 % молока, що було більше значення тварин IV групи на 18,46 % ($P < 0,05$) і 17,93 % ($P < 0,05$), а показника корів I групи – відповідно на 44,10 % ($P < 0,001$) і 43,65 % ($P < 0,001$).

Піддослідні тварини характеризувалися досить високими показниками удою, які за цей короткий період перевищували 10000 кг молока та зростали від I до IV групи. Так, від корів I групи було отримано 10101,8 кг, тоді як від тварин II групи – 10578,0 кг молока, що було більше на 4,5 %. Водночас тварини III (контрольної) групи секретували 10997,0 кг молока, що було більше показників корів II групи на 3,81 %, а тварин I групи – на 8,14 %.

У корів III (контрольної) групи за 10 місяців було декретовано 10663,9 кг 4%-ового, що перевищувало показник II групи на 5,03 %, а показник I групи – на 7,56 %. Найвищий показник скорегованого удою був у тварин IV групи, який перебував на рівні 11741,6 кг 4%-ового молока, що було більше показника корів III (контрольної) групи на 9,18 %, а тварин I групи – на 16,05 % ($P < 0,001$).

Характеризуючи якісні показники молока піддослідних корів (табл. 2), необхідно відмітити, що тварини чотирьох дослідних груп характеризувалися показниками жирномолочності, які характерні для цієї породи корів, оскільки масова частка жиру в їх молоці становила від 3,80 і 3,85 %. Найнижчою вона була в корів III (контрольної) групи і була на рівні 3,80 %, що було нижче за показник тварин I і IV груп в абсолютному виразі відповідно на 0,05 і 0,04 %. Найвищою жирномолочністю відзначалися тварини I групи, у яких масова частка жиру в молоці становила у середньому 3,85 %, що перевищувало показник тварин II групи в абсолютному обчисленні на 0,03 %.

2. Якісні показники молока корів-дочок у четверту лактацію

Група тварин за віком у лактаціях	Масова частка, %		Продукція, кг	
	жир	білок	жиру	білка
I, n=5	3,85±0,043	3,23±0,037	365,1±13,32*	306,3±9,15**
II, n=7	3,82±0,006	3,21±0,018	481,9±17,73*	404,2±13,63**
III (контрольна, n=8)	3,80±0,029	3,18±0,027	644,3±52,09	540,3±45,02
IV, n=5	3,84±0,010	3,16±0,014	531,2±18,27*	437,5±13,74**

Примітки: ** – $p < 0,01$.

Як свідчать дослідження, білковомолочність піддослідних корів була достатньо задовільною і певною мірою була співставною з показником жирномолочності. Відносно найвищим показником масової частки білка в молоці відзначалися тварини I групи, у яких його значення становило в середньому 3,23 %. Схожий показник мали тварини II групи, оскільки білок молока був на рівні 3,21 %. Так само відносно найнижчим показником масової частки білка в молоці відзначалися тварини III (контрольної) і IV груп, у яких білковомолочність була на рівні відповідно 3,18 і 3,16 %.

Найнижчим показником продукції молочного жиру характеризувалися тварини I групи, у цих тварин за лактаційний період було отримано близько 365,1 кг, що було менше за показник тварин-аналогів II групи на 116,8 кг або на 31,99 % ($P < 0,001$) та на 166,1 кг або 45,49 % ($P < 0,001$) порівняно з тваринами IV групи.

Порівняно найвищий показник молочного жиру мали тварини III (контрольної) групи, у яких він становив у середньому 644,3 кг, що було на 43,33 % ($P < 0,001$) більше тварин I групи, та на 29,86 % ($P < 0,001$) і 17,55 % ($P < 0,001$) порівняно з II і IV групою відповідно.

Найвищим показником відзначилися піддослідні тварини III (контрольної) групи, у яких він становив у середньому 540,3 кг, що було на 43,31 % ($P < 0,001$) більше за показник тварин I групи. Тварини четвертої лактації IV групи порівняно з тваринами I і II груп продукували молочного білка відповідно більше на 29,99 % ($P < 0,001$) і 7,61 %. Отже, показник масової частки білка в молоці корів чотирьох дослідних груп не підвищувався відповідно більш високого рівня жиру в молоці, а мав незалежний характер.

Проведені наукові дослідження показують, що жива маса корів-дочок від корів-матерів різного віку в першу лактацію коливалася в межах від 580,5 кг до 591,6 кг. Причому первістки, матері яких були теж первістками, показали найвищу живу масу – 591,6 кг. Вірогідно хороші умови вирощування ремонтного молодняку забезпечували високі показники живої маси в першу лактацію, що і забезпечує народження здорового та життєздатного потомства, тоді як матері старших лактацій дещо виснажуються інтенсивними умовами експлуатації, що і відображається на масі їх нащадків.

Питанням підвищення генетичного потенціалу молочної худоби займалися багато учених, а саме Л. К. Ернст (1986), Ф. Ф. Ейснер (1986), Ю. І. Склярєнко (2018); Р. В. Падеріна (2013) [11, 15–17].

Рівень молочної продуктивності піддослідних тварин у першу лактацію був досить високим. Корови-дочки I, II і III (контрольної) груп, народжені відповідно в першу, другу і третю лактації корів-матерів, удій за 305 діб першої лактації становив близько 10000 кг, тоді як у тварин IV групи, отриманих від матерів у четверту лактацію – близько 11000 кг молока. Саме тому коефіцієнт молочності в корів I і III (контрольної) груп був достатньо високий і перебував на одному рівні, тоді як у первісток II групи він був мінімальним, а максимальний – у тварин IV групи. То ж корови-дочки IV групи мали найвищу функціональну активність лактуючого організму, а тварини II групи – найнижчу.

Цей висновок узгоджується з думкою інших дослідників, які зазначають, що за рівнем молочної продуктивності відрізняються не лише породи, а й окремі тварини всередині неї. У будь-якому стаді є корови більш-менш продуктивні, і ця різноманітність достатньо позитивна, щоб можна було вести відбір кращих (Д. Некрасов, О. Зеленковський, 2004; В. Г. Кахикало та ін., 2009) [3, 7].

Висновки

1. За показником живої маси, чіткої тенденції до її підвищення залежно від віку в лактаціях корів-матерів, піддослідних тварин четвертої лактації не встановлено. Жива маса корів чотирьох дослідних груп відповідає стандарту живої маси корів голштинської породи. Лактаційний період тварин усіх піддослідних груп був тривалішим за референційований показник (305 діб) в середньому більш ніж у

1,5 раза. Найбільш наближеною тривалістю лактації до нормальної характеризуються корови I групи, які народжені первістками.

2. Тварини усіх піддослідних груп характеризуються досить високим рівнем молочної продуктивності. Максимальний прояв генетичного потенціалу молочної продуктивності (11741,6 кг 4 % молока за 305 діб лактації) притаманний коровам IV групи, народжених від повновікових матерів четвертої лактації, що більше середнього показника I, II, III груп на 1525 кг молока. Відносно найнижчий удій за 305 діб лактації 4%-го молока (9857,2 кг) мали корови I групи четвертої лактації, народжені від первісток.

3. Піддослідні тварини четвертої лактації, отримані від матерів різного віку, відповідно до зміни удою, характеризуються підвищенням продукції молочного жиру та білка з віком, а максимальне значення якісних показників молока проявляється у тварин III (контрольної) групи, отриманих від матерів третьої лактації.

Перспективи подальших досліджень – дослідження реалізації продуктивних та відтворних якостей, а також індексу адаптації й метаболічного гомеостазу дочок корів-матерів різного віку в 5–7-й лактації.

References

1. Basonov, O. A., & Pavlova, O. E. (2017). Duration of economic use of cows depending on their milk productivity level. *Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, (4 (40)), 103–107. doi: 10.18286/1816-45-2017-4-103-107.
2. Bydantseva, E., & Kavardakova, O. (2012). Zavisimost' produktivnogo dolgoletiya korov ot geneticheskikh faktorov. *Molochnoe i Myasnoe Skotovodstvo*, 3, 17–18 [In Russian].
3. Kahikalo, V. G., Nazarchenko, O. V., Stepanov, A. V., & Chechenihina, O. S. (2009). Vozrastnaja dinamika molochnoj produktivnosti korov cherno-pestroj porody razlichnogo genotipa po golshtinam i ee izmenchivost', povtorjaemost' v plemzavode OOO «Kurganskoe» Kurganskoj oblasti. *Vestnik Tjumenskoj Gosudarstvennoj Sel'skohozjajstvennoj Akademii*, 3 (10), 39–45 [In Russian].
4. Kuznecov, A. V. (2013). Osobennosti predstavlenija svedenij o molochnoj produktivnosti korov v sisteme Seljeks i ih interpretacija. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 90 (06), 15–21 [In Russian].
5. Labinov, V. V., 2014. Produktivnoe dolgoletie korov. *Farm animals*, 2 (6), 8–10 [In Russian].
6. Lytvyschenko, L. O., Pishchan, I. S., Honchar, A. O., & Pishchan, S. G. (2018). Realization of genetic potential productivity of holstein cows of different age on the industrial complex of milk production. *The Scientific Journal Grain Crops*, 2 (2), 360–369. doi:10.31867/2523-4544/0048.
7. Nekrasov, D., & Zelenkovskij, O. (2004). Tipy sparivaniya s uchetom inbridinga i pozhiznennaja molochnaja produktivnost' korov. *Molochnoe i Myasnoe Skotovodstvo* 5, 19–21 [In Russian].
8. Savel'ev, V. I. (2010). *Skotovodstvo: kurs lektsiy*. Gorki: Belarusian State Agrarian Agricultural Academy [In Russian].
9. Saksa, E. I. (2019). Realizaciya geneticheskogo potentsiala golshtinskogo skota pri sozdanii vysokoproduktivnogo stada ZAO «PZ «Rabitycy». *Molochnoe i Miasnoe Skotovodstvo*, 3, 11–19. doi: 10.33943/mms.2019.3.31544 [In Russian].
10. Sanova, Z. S. (2019). Monitoring molochnoj produktivnosti korov holmogorskoj porody v raznye gody v plemennom zavode. *Agrarnaya Rossiya*, (7), 37–42. doi: 10.30906/1999-5636-2019-7-37-42 [In Russian].
11. Skliarenko, Yu. I. (2018). Efektyvnist dovichnogo vykorystannia koriv zalezno vid henotypovykh faktoriv. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 103–105. doi: 10.31210/visnyk2018.02.16 [In Ukrainian].
12. Pishchan, I. S., Lytvyschenko, L. O., Honchar, A. O., & Pishchan, S. H. (2019). Tryvalyi laktatsiynyi period ta riven molochnoi produktyvnosti koriv na promyslovomu kompleksi. *Zernovi Kultury*, 1 (3), 139–148. doi: 10.31867/2523/4544/0071 [In Ukrainian].
13. Prohorenko, P. N., & Tjapugin, S. E. (2005). Vliyanie razlichnykh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov. *Molochnoe i Miasnoe Skotovodstvo*, 7, 13–15 [In Russian].
14. Ovchinnikov, L. Ju. (2007). Dinamika pokazatelej produktivnogo dolgoletija korov. *Molochnoe i Miasnoe Skotovodstvo*, 8, 21–22 [In Russian].
15. Paderina, R. V., & Kovrov, A. V. (2013). Vliyanie vozrasta pervogo otela i zhivoj massy korov na prodolzhitel'nost' ih ispolzovaniya. *Sovremennye nauchnye tendencii v zhivotnovodstve: Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Odessa [In Russian].
16. Ernst, L. K., Dzharparidze, T., & Varnavskij, A. (2008). Organizaciya vosproizvodstva

vysokoproduktivnyh korov. *Molochnoe i Miasnoe Skotovodstvo*, 4, 2–5 [In Russian].

17. Ejsner, F. F. (1986). *Plemennaya rabota s molochnym skotom*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].

18. Capelesso, A., Kozloski, G., Mendoza, A., Pla, M., Repetto, J. L., & Cajarville, C. (2019). Reducing milking frequency in early lactation improved the energy status but reduced milk yield during the whole lactation of primiparous Holstein cows consuming a total mixed ration and pasture. *Journal of Dairy Science*, 102 (10), 8919–8930. doi: 10.3168/jds.2019-16629.

19. Niozas, G., Tsousis, G., Steinhöfel, I., Brozos, C., Römer, A., Wiedemann, S., Bollwein, H. & Kaske, M. (2019). Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements. *Journal of Dairy Science*, 102 (1), 799–810. doi: 10.3168/jds.2018-15115.

20 Pishchan, I., & Lytvyschenko, L. (2019). Realization of milk productivity of holstein cows of different age on the industrial complex of milk production. *International Scientific Conference*. doi:10.30525/978-9934-571-89-3_105.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Капишук Н. О. Молочна продуктивність корів четвертої лактації залежно від віку в лактаціях корів-матерів. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 107–113.

© Капишук Наталя Олексіївна, 2020


original article | UDC 612:636.4 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.13

THE INFLUENCE OF HUMATES ON PRO-OXIDANT-ANTIOXIDANT HOMEOSTASIS IN BREEDING BOARS DURING HEAT STRESS
M. A. Shostya*
I. V. Pavlova
Ye. V. Chukhlib
V. I. Bereznytskyi
L. M. Kuzmenko
B. S. Shaferivskyi
T. S. Kodak

 ORCID  [0000-0002-1475-2364](https://orcid.org/0000-0002-1475-2364)

 ORCID  [0000-0002-8905-8879](https://orcid.org/0000-0002-8905-8879)

 ORCID  [0000-0001-5547-1692](https://orcid.org/0000-0001-5547-1692)

 ORCID  [0000-0002-3261-2066](https://orcid.org/0000-0002-3261-2066)

 ORCID  [0000-0002-1776-0714](https://orcid.org/0000-0002-1776-0714)

 ORCID  [0000-0001-5742-5016](https://orcid.org/0000-0001-5742-5016)

 ORCID  [0000-0001-7051-1971](https://orcid.org/0000-0001-7051-1971)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: shostay@ukr.net

In current conditions, in the face of sharp climate change, the introduction of intensive technologies with using biologically active additives aimed at revealing the organism adaptive properties under the action of heat stresses is the main factor of increasing animal productivity. The aim of the study was to determine the influence of substances of humic nature on pro-oxidant-antioxidant homeostasis in the blood of breeding boars of different breeds during heat stress. Adult breeding boars of two breeds were used in the experiment: Poltava Meat (PM) and Red-White Belted Meat (BRWM) breeds, of the same age, live weight and quality of sperm production, which were fed the "Humilid" biologically active feed additive during heat stress. The effect of humic substances on pro-oxidant-antioxidant homeostasis in the blood of breeding boars of different breeds during the period of heat stress was studied. In such case homeostasis was characterized by accelerating the processes of peroxide oxidation. The BRWM breed had a negative effect during up to 30 days of the experiment, with further development of the adaptation response. Such changes were accompanied by a decrease in the activity of superoxide dismutase in PM ($p < 0.05$) and BRWM ($p < 0.01$), the content of reduced glutathione and ascorbic acid with a parallel increase in catalase activity. Different effect of heat stress on the formation of pro-oxidant-antioxidant homeostasis in the blood of different breeds' breeding boars was revealed. It was determined that the system of generating reactive oxygen forms (xanthine oxidase activity) and their inactivation (superoxide dismutase activity) has a significantly higher functional activity ($p < 0.05 \dots 0.001$) in PM breeding boars as compared with BRWM breeds. Additional feeding of the "Humilid" feed additive to the breeding boars during the period of heat stress contributed to reducing the intensity of peroxidation processes, which was accompanied by accumulating the content of reduced glutathione and ascorbic acid with a parallel decrease in the concentration of dehydroascorbic acid. The existence of inter-breed difference to the effect of the "Humilid" feed additive was recorded. Thus, a more effective action of the feed additive was registered in BRWM as compared with PM breed, which was manifested by a rapid recovery of glutathione, ascorbic acid, as well as a decrease in diene conjugates and TBA-active complexes, indicating earlier activation of the organism's adaptation processes in the first genotype under the condition of heat stress.

Key words: substances of humic nature, blood, heat stress, pro-oxidant-antioxidant homeostasis, breeding boars.

ВПЛИВ ГУМАТІВ НА ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНИЙ ГОМЕОСТАЗ У КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ ПІД ЧАС ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ

А. М. Шостя, І. В. Павлова, Є. В. Чухліб, Л. М. Кузьменко, Т. С. Кодак, В. І. Березницький, Б. С. Шаферівський,

Полтавська державна аграрна академія, Полтава, Україна

У сучасних умовах при різкій зміні клімату головним фактором зростання продуктивності тварин насамперед є впровадження інтенсивних технологій з використанням біологічно активних добавок, які є екологічно чистими та спрямовані на розкриття адаптаційних властивостей організму в умовах теплових стресів. Метою досліджень було встановити вплив речовин гумінової природи на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові кнурів-плідників різних порід під час дії теплового стресу. В експерименті використані дорослі кнури-плідники двох порід – полтавської м'ясної (ПМ) та червоно-білопоясої м'ясної (ЧБП), аналоги за віком, живою масою та якістю спермопродукції, яким згодовували біологічно активну кормову добавку «Гумілід» в період теплового стресу. Встановлено вплив речовин гумінової природи на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові кнурів-плідників різних порід під час дії теплового стресу. У період теплового стресу у крові кнурів-плідників прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз зміщується в напрямі прискорення процесів пероксидного окиснення. Такі зміни супроводжувалися зниженням активності супероксиддисмутази у представників ПМ ($p < 0,05$) і ЧБП ($p < 0,01$), вмісту відновленого глутатіону та аскорбінової кислоти з паралельним збільшенням активності каталази. Виявлено, що система генерування активних форм кисню (активність ксантиноксидази) та їх інактивації (активність супероксиддисмутази) має вищу функціональну активність ($p < 0,05 \dots 0,001$) у представників ПМ порівняно з ЧБП породами. Додаткове згодовування кнурам-плідникам кормової добавки «Гумілід» у період розвитку теплового стресу сприяє зниженню інтенсивності процесів пероксидації, що супроводжується накопиченням вмісту відновленого глутатіону й аскорбінової кислоти з паралельним зменшенням концентрації дегідроаскорбінової кислоти. Встановлено наявність міжпородної різниці, так у тварин ЧБП, порівняно із ПМ породами, спостерігалась більша ефективна дія кормової добавки, що проявлялось у швидкому відновленні – глутатіону, аскорбінової кислоти, а також зменшення – дієнових кон'югатів та ТБК-активних комплексів.

Ключові слова: речовини гумінової природи, кров, тепловий стрес, прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз, кнури-плідники.

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ НА ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНЫЙ ГОМЕОСТАЗ У ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА

А. М. Шостя, И. В. Павлова, Е. В. Чухлеб, Л. М. Кузьменко, Т. С. Кодак, В. И. Березницкий, Б. С. Шаферивський,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Исследовано влияние веществ гуминовой природы на прооксидантно-антиоксидантный гомеостаз в крови хряков-производителей разных пород во время действия теплового стресса. Установлено, что в период теплового стресса в крови хряков-производителей прооксидантно-антиоксидантный гомеостаз смещается в направлении ускорения процессов перекисного окисления. Обнаружено не одинаковое действие теплового стресса на формирование данного гомеостаза в крови хряков-производителей разных пород. Дополнительное скармливание хрякам-производителям кормовой добавки «Гумилид» в период развития теплового стресса способствует снижению интенсивности процессов пероксидации, что сопровождается накоплением содержания восстановленного глутатиона и аскорбиновой кислоты с параллельным уменьшением концентрации дегидроаскорбиновой кислоты. Зафиксировано существование межпородной разницы по действию кормовой добавки «Гумилид». Так, у животных ЧБП по сравнению с ПМ породами наблюдалось более эффективное действие кормовой добавки.

Ключевые слова: вещества гуминовой природы, кровь, тепловой стресс, прооксидантно-антиоксидантный гомеостаз, хряки-производители.

Вступ

В умовах змін клімату літня пора року характеризується тривалими високими середньодобовими температурами, що спричиняє тепловий стрес, який має низку негативних наслідків, пов'язаних зі зниженням споживання кормів та резистентності, скороченням темпів відтворення й росту, низькою спермопродуктивністю, збільшенням показників смертності [2, 5, 15–17]. Численні чинники стресу, що діють на тварин, істотно знижують обсяги виробництва продукції тваринництва. Тепловий стрес у свиней розвивається через відсутність процесу потовиділення [8, 5]. Головним продуцентом тепла в їх організмі є м'язи, а шар підшкірного жиру ізолює їх та обмежує передачу тепла до зовнішнього середовища. Особливо небезпечні різкі коливання температури у свинарниках (наприклад, перепади між денною та нічною температурою). Використання кнурів-плідників, підданих тепловому стресу, знижує запліднювальну здатність спермій та кількість поросят при народженні [2, 3].

Зважаючи на це, актуальним є використання різних адаптогенів для зниження дії теплового стресу на організм свиней. Серед використання різних способів і методів для зниження впливу теплового фактора найбільш перспективним залишається використання кормових адаптогенів. Саме такі властивості має біологічно активна добавка гумінової природи «Гумілід» [12]. Гумінові речовини отримують з екологічно чистого українського торфу шляхом кислотнo-лужної екстракції. Головними складниками цієї кормової добавки є гумінові кислоти та їх солі, фульвокислоти. У своєму складі «Гумілід» містить не менше 30% гумінових речовин [19]. Діючі речовини добавки, проникаючи до організму тварин, стимулюють їх імунітет, ріст і розвиток, а також є природними адаптогенами [12], збільшують резистентність організму до патогенних мікроорганізмів та позитивно впливають на показники спермопродуктивності у кнурів-плідників [3, 5, 14]. Зважаючи на те, що речовинам гумінової природи притаманні адаптогенні властивості в організмі, виникає необхідність у дослідженні їхнього впливу на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз (ПАГ) у крові кнурів-плідників під час дії теплового стресу.

Мета досліджень – встановити вплив речовин гумінової природи на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові різних порід кнурів-плідників під час дії теплового стресу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати такі *завдання*: з'ясувати особливості впливу гуматів на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові кнурів-плідників; виявити вплив гуматів на адаптагенні можливості організму тварин під час дії теплового стресу.

Матеріали і методи досліджень

Експерименти були проведені в умовах Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН. У досліді використано кнурів-плідників полтавської м'ясної (ПМ) і червоно-білопоясої м'ясної (ЧБП) порід по 10 голів кожного генотипу в межах породи за методом аналогів (вік, жива маса, якість спермопродукції). Після цього сформовано дві групи кнурів-плідників по 5 голів у кожній: I група – контрольна, II – дослідна. Годівля кнурів-плідників здійснювалася згідно з нормами Ісв і АПВ НААН. У корм додавали біологічну добавку «Гумілід», діюча речовина якої в кількості 1 % міститься в літрі дистильованої води. Дослідження проводили методом груп-періодів. Тривалість експерименту становила 100 діб, зокрема: 1 період – підготовчий 30 діб, 2 період – основний 40 діб та 3 період – завершальний 30 діб.

У досліджуваних зразках крові кнурів-плідників визначали показники стану ПАГ. Для оцінки рівня перебігу пероксидного окиснення визначали: концентрацію дієнових кон'югатів – спектрофотометрично [11] і ТБК-активних комплексів (альдегіди і кетони) – фотоелектроколориметрично [6]. Рівень антиоксидантного захисту визначали за такими показниками: активністю супероксиддисмутази (СОД) – фотометрично [18]; активністю каталази (КТ) – за методикою з використанням ванадій-молібдатної реакції [7]; вміст відновленої форми глутатіона – фотоелектроколориметрично з реактивом Елмана [11]; концентрацію аскорбінової і дегідроаскорбінової кислот (АК і ДАК) – за кількістю озонів, модифікованим методом [9].

Отриманий цифровий матеріал статистично опрацьовували за допомогою програми Statistica для WindowsXP. При порівнянні досліджуваних показників та міжгрупових різниць використовували t-критерій Ст'юдента, результат вважали вірогідним за $p \leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз отриманих даних досліджень свідчить про те, що ПАГ у крові кнурів-плідників істотно змінювався в період теплового стресу.

З розвитком теплового стресу (табл. 1) активність КСО (генератора радикалів оксигену) зменшу-

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

валася на 35,8 % ($p < 0,01$) – (30-та доба експерименту) і 26,5 % ($p < 0,01$) – (60-та доба) у кнурів ПМ породи. Тоді як у представників ЧБП виявлено підвищення функціональної активності цього ензиму відповідно на 13 % ($p < 0,05$) та 15,6 %. Важливо відмітити існування встановленої міжпородної різниці за активністю КСО, де у тварин ЧБП порівняно з ПМ породою вона була вищою 30,5 % ($p < 0,01$) на 30-ту добу та 27,8 % ($p < 0,001$) на 60-ту добу.

На тлі зменшення активності прооксиданту – КСО в період розвитку теплового стресу встановлено стабільне зростання вмісту первинних продуктів пероксидації – ДК у крові кнурів-плідників ПМ породи від початку експерименту на 23,9 % (30-та доба) ($p < 0,05$) та 29,8 % (60-та доба) ($p < 0,001$). У представників ЧБП породи протягом другого місяця експерименту спостерігається прояв адаптаційного механізму до дії негативного фактору – зменшення кількості цих метаболітів на 35,9 % від початкового періоду.

1. Інтенсивність перебігу процесів пероксидації у крові кнурів-плідників різних порід, $M \pm m$, $n=5$

Періоди	Групи	КСО, мккат/сек.л	Дієнові кон'югати, ммоль/л	ТБК-активні комплекси, мкмоль/л	
				до інкубації	після інкубації
Полтавська м'ясна					
1	I	36,18±2,91	2,0±0,05	13,34±1,90	18,04±2,64
	II	34,6±3,05	1,7±0,19	10,12±0,92	14,3±1,01
2	I	26,7±3,63**	2,63±0,23*	15,7±1,07	19,8±1,44
	II	25,6±2,69*	2,28±0,21*	14,6±1,64	18,6±2,07
3	I	28,6±1,75***	2,85±0,33***	17,6±1,90*	24,1±2,10
	II	24,4±2,21**°	1,92±0,21*°	12,4±0,91***°	16,2±0,94**
Червоно-білопояса м'ясна					
1	I	33,4±3,70	2,94±0,40	16,26±0,83□□□	22,48±2,90□
	II	36,2±2,31	3,10±0,22□□□	17,15±1,35□□□	22,1±1,69□□
2	I	38,4±4,10*□□	3,82±0,29*□□	20,8±1,68*	21,7±1,65
	II	34,1±1,74 □	3,34±0,47	17,4±2,09°	22,9±1,47□
3	I	39,6±1,61□□□	2,65±0,34	18,6±2,05	17,48±2,14
	II	40,4±2,42□□□	2,28±0,42	14,3±1,51***°°	15,6±1,55*

Примітки: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – порівняно з початковим періодом; □ – $p < 0,05$; □□ – $p < 0,01$; □□□ – $p < 0,001$ – порівняно з кнурами полтавської м'ясної породи; ° – $p < 0,05$; °° – $p < 0,01$; °°° – $p < 0,001$ – порівняно з кнурами дослідних груп.

Розвиток теплового стресу супроводжувався збільшенням у крові тварин обох порід вмісту ТБК-активних комплексів. Однак кількість ТБК-активних комплексів у кнурів-плідників ЧБП породи була вищою на 24,5 % (30-та доба) відносно тварин ПМ породи.

Встановлено, що активність СОД протягом експерименту зменшувалась (табл. 2) у ПМ на 30-ту добу – на 36,8 % ($p < 0,05$) і 60-ту добу – 24,5 % ($p < 0,05$), ЧБП відповідно на 37,6 % ($p < 0,01$) та 60-добу 29,4 % ($p < 0,01$). При цьому рівень цього ензиму у тварин ЧБП був вірогідно вищим ($p < 0,05$) на 60-ту добу експерименту.

Зі збільшенням терміну дії теплового фактору інтенсивність утворення пероксиду гідрогену зростала, що проявлялось у збільшенні активності КТ у тварин ПМ від початку дослідження протягом місяця експерименту на 20,6 %, а другого – 24,2 % ($p < 0,01$). Для кнурів-плідників породи ЧБП була характерна аналогічна динаміка з меншим лімітом змін цього показника, що можливо свідчить про вищу адаптаційну здатність.

Концентрація відновленого глутатіону у крові кнурів-плідників ПМ породи протягом експерименту зменшувалась на 12,8 % (30-ту добу) і на 29,4 % ($p < 0,001$) (60-ту добу), у тварин породи ЧБП відповідно на 37,5 % ($p < 0,05$) та 57,1 % ($p < 0,01$). Встановлено вірогідне переважання активності цього ензиму у представників ПМ породи на 61,9 % (60-та доба) ($p < 0,01$) порівняно з ЧБП.

На тлі теплового стресу спостерігалось інтенсивне використання АК і ДАК кислот. У породи ПМ кількість відновленої форми кислоти зменшувалась на 30-ту добу в 1,5 раза ($p < 0,05$) на 60-тий день експерименту в 1,9 раза ($p < 0,05$), а окислена форма відповідно в 1,4 раза ($p < 0,01$) та 1,7 раза ($p < 0,01$). При цьому у кнурів породи ЧБП кількість АК знижувалась у 1,5 раза ($p < 0,001$) та 1,9 раза ($p < 0,05$), а ДАК у 1,2 раза ($p < 0,05$) та 1,6 раза. Зафіксовано переважання вмісту досліджуваних кислот у тварин ПМ породи відносно ЧБП.

**2. Стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові
різних порід кнурів-плідників, $M \pm m$, $n=5$**

Періоди	Групи	СОД, уо/мл	Каталаза, мкат/л	Відновлений глутатіон, ммоль/л	Аскорбінова кислота, ммоль/л	Дегідро- аскорбінова кис- лота, ммоль/л
<i>Полтавська м'ясна</i>						
1	I	0,43±0,028	41,40±4,97	0,44±0,031	24,42±1,73	36,32±1,82
	II	0,40±0,04	37,6±3,25	0,51±0,04	26,16±1,25	30,6±2,02°
2	I	0,68±0,09*	52,13±0,94	0,39±0,04	16,18±3,17*	26,4±2,56**
	II	0,66±0,08	49,8±1,47*	0,54±0,03°	19,7±2,41***	26,6±3,75**
3	I	0,50±0,09*	54,6±2,01**	0,34±0,06***	12,8±1,21*	27,8±2,60
	II	0,57±0,05	43,12±4,38°	0,45±0,04	16,5±1,84***°	21,7±1,42***°
<i>Червоно білопояса м'ясна</i>						
1	I	0,48±0,027	58,95±3,17□	0,33±0,03	20,6±1,39□	26,26±2,1□□□
	II	0,49±0,07	52,1±4,63□□	0,29±0,05□□□	21,6±1,41□□□°	23,4±2,35□□°
2	I	0,77±0,06**	67,8±6,94	0,24±0,04*	13,5±1,12***	22,0±1,57*
	II	0,70±0,05*	58,8±1,19***°	0,27±0,03***	14,6±1,76	17,0±1,32°
3	I	0,68±0,06**□	50,4±3,76	0,21±0,02**□□	10,6±1,40*	16,0±2,02□□□
	II	0,58±0,04*°	38,5±2,34°	0,36±0,03°	18,8±2,02**□°	14,1±1,91**□□°

Примітки: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – порівняно з початковим періодом; □ – $p < 0,05$; □□ – $p < 0,01$; □□□ – $p < 0,001$ – порівняно з кнурами полтавської м'ясної породи; ° – $p < 0,05$; °° – $p < 0,01$; °°° – $p < 0,001$ – порівняно з кнурами дослідних груп.

Отже, розвиток теплового стресу у крові кнурів-плідників супроводжується прискоренням процесів пероксидного окислення та зниженням рівня системи антиоксидантного захисту. Причому представники ЧБП породи були менш чутливими до дії цього фактору.

Додаткове згодовування кнурам-плідникам кормової добавки «Гумілід» у період розвитку теплового стресу сприяло зниженню активності прооксидантного ензиму у тварин ПМ породи на 30-ту добу, а ЧБП 60-ту добу експерименту. Це супроводжувалося зниженням кількості ДК тварин першого генотипу на 15,4 % (30-а доба) і 48,4 % (60-а добу), другого відповідно 14,4 % та 16,2 %.

Дія кормової добавки вірогідно знижувала інтенсивність синтезу ТБК-активних комплексів на 60-ту добу згодовування у тварин ПМ породи на 41,9 % та ЧБП – 30,1 %, при цьому вміст цих речовини був меншим у першого генотипу. Це свідчить про розвиток адаптаційної реакції до розвитку теплового стресу. Окремо варто відмітити, що інкубування зразків крові в умовах прооксидантного буферу супроводжувалося незначним накопиченням цих комплексів у тварин ЧБП та істотним у ПМ породи – 23,5 % ($p < 0,001$), що є свідченням більшої ємкості системи антиоксидантного захисту в останніх.

Згодовування кормової добавки супроводжувалося зниженням рівня ензимної системи антиоксидантного захисту, особливо активності КТ ($p < 0,05$) у обох порід. Такі зміни відбувалися на тлі збільшення кількості відновленого глутатіона у крові тварин породи ПМ на 27,7 % (30-та доба) та 24,4 % (60-та доба), дещо вищі показники були в породи ЧБП 11,1 % та 41,6 % ($p < 0,01$) відповідно.

Прояв адаптаційного механізму спостерігався у тварин ЧБП породи при накопиченні відновленої форми АК у крові ПМ породи на 17,9 % (30-ту добу) і 24,4 % (60-у добу), а в ЧБП – 43,6 % (60-ту добу експерименту) при зменшенні кількості її окисленої форми.

Отримані матеріали досліджень свідчать про те, що споживання кормової добавки «Гумілід» підвищує у кнурів-плідників адаптивні механізми в період теплового стресу шляхом покращення стану ПАГ. Позитивні біологічні ефекти цієї кормової добавки також відмічали закордонні та вітчизняні дослідники, які спостерігали покращення якості спермопродукції у кнурів-плідників [1], підвищення резистентності [3], продуктивних якостей [12, 15, 16] та покращення фізико-хімічних властивостей м'яса свиней [17].

Встановлено особливості перебігу процесів пероксидації і формування системи антиоксидантного захисту у крові кнурів-плідників під час теплового стресу, які спрямовані на невілювання негативних наслідків останнього та підтримання фізіологічної норми в їхньому організмі.

Висновки

1. Встановлено, що в період теплового стресу у крові кнурів-плідників ПАГ зміщується в напрямі прискорення процесів пероксидного окиснення: стабільно зростає у крові ПМ породи кількість ДК ($p < 0,05 \dots 0,001$) та ТБК-активних комплексів; на ЧБП породи дія негативного фактору тривала до 30-ї доби експерименту з подальшим розвитком адаптаційної реакції. Такі зміни супроводжувалися зниженням активності СОД у представників ПМ ($p < 0,05$) і ЧБП ($p < 0,01$), вмісту відновленого глутатіону та АК з паралельним збільшенням активності КТ.

2. Виявлено не однакову дію теплового стресу на формування ПАГ у крові кнурів-плідників різних порід. Встановлено, що система генерування активних форм оксигену (активність КСО) та їх ін-активації (активність СОД) має вірогідно вищу функціональну активність ($p < 0,05 \dots 0,001$) у представників ПМ порівняно з ЧБП породами. При цьому рівень насиченості цієї тканини відновленим глутатіоном і АК був вищим у тварин ЧБП породи.

3. Додаткове згодовування кнурам-плідникам кормової добавки «Гумілід» у період розвитку теплового стресу сприяє зниженню інтенсивності процесів пероксидації, що супроводжується накопиченням вмісту відновленого глутатіона і АК з паралельним зменшенням концентрації дегідроаскорбінової кислоти.

4. Зафіксовано наявність міжпородної різниці за дією кормової добавки «Гумілід». У тварин ЧБП порівняно з ПМ породами спостерігалася більш ефективна дія кормової добавки, що проявлялось у швидкому відновленні – ГТ, АК, а також зменшенні – ДК та ТБК-активних комплексів, що свідчить про більш ранню активацію адаптаційних процесів організму у другого генотипу в умовах теплового стресу.

Перспективи подальших досліджень полягають у розкритті механізмів дії речовин гумінової природи на процеси прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у кнурів-плідників залежно від їх режиму використання з метою розроблення ефективних програм направленої живлення.

References

1. Buchko, O. M. (2013). Vilnoradykalni protsesy v orhanizmi porosiat za dii huminovoї dobavky. *Biologiya Tvaryn*, 15 (1), 27–33 [In Ukrainian].
2. Hyria, V. M., Usachova, V. Ye., Myronenko, O. I., & Slynko, V. H. (2019). Temperaturnyi komfort i produktyvnist svynei. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 105–112. doi: 10.31210/visnyk2019.02.13 [In Ukrainian].
3. Hryban, V. H. (2010). Vykorystannia preparativ huminovoї pryrody dlia stymuliatsii rezystentnosti i produktyvnosti tvaryn *Mezhdunar. konferentsyy «Humynove veshchestva y fytohormony v selskom khoziaistve»*. Dnepropetrovsk [In Ukrainian].
4. Melnyk, Yu. F. (2003). *Instruktsiia iz shtuchnoho osimeninnia svynei*. Kyiv: Ahrarna Nauka [In Ukrainian].
5. Moskalenko, S. P. (2018). *Mirovoj opit ispolzovaniya guminovykh kislot v skotovodstve i svinovodstve. Osnovy i perspektivy organizatsii biotekhnologii*. Moskva: ООО «Lajf Fors Grupp» [In Russian].
6. Ribalko, V. P. (2005). *Suchasni metodiki doslidzhen u svinarstvi*. Poltava [In Ukrainian].
7. Korolyuk, M. A., Ivanova, L. I., Majorova, I. G., & Tokarev, E. V. (1988). Metod opredeleniya aktivnosti katalazy. *Laboratornoe Delo*, 1, 16–19 [In Russian].
8. Kuzmenko, L. M., Polishchuk, A. A., Usenko, S. O., Shostya, A. M., Stoyanovskii, V. G., Karpovskii, V. I., & Bilash, S. M. (2018). Prooksydantno-antioksidantnyi Hgomeostaz u tkaninakh matky zalezno vid periodyv vidtvoruvalnogo tsiklu. *Svit Medycyny i Biology*, 14 (64), 198–203. doi: 10.26724/2079-8334-2018-2-64-198-203 [In Ukrainian].
9. Kovalenko, V. F., Shostya, A. M., & Usenko, S. O. (2003). Patent Ukrainy № 67054 A. Kyiv: Derzhavne pidpriemstvo "Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti" (Ukrpatent) [In Ukrainian].
10. Shostya, A. M. (2015). Prooksidantno-antioksidantnij gomeostaz u svinej. *Doctor's thesis*. Lvivskiy natsionalnyi universytet veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Hzhyskoho, Lviv [In Ukrainian].
11. Shabunin, S. V. (2010). *Metodicheskie polozheniya po izucheniyu processov svobodnoradikalnogo okisleniya v sisteme antioksidantnoj zashity organizma: metodicheskie polozheniya*. Voronezh [In Russian].
12. Shvetsova, O. M., & Stepchenko, L. M. (2014). Vplyv biolohichno aktyvnoi kormovoї dobavky Humilid na fiziologichnyi status ta produktyvni yakosti svynomatok. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten naukovo-doslidnogo tsentru biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK*, 2 (1). Retrived from: http://biosafety-center.com/naukovi_vydannya/pdf/2_12.pdf [In Ukrainian].

13. Shostia, A. M., Rokotianska, V. O., Tsybenko, V. H., Sokyрко, M. P., Nevidnychyi, O. S., Chyrkov, O. H., Kaplunenko, V. H., & Pashchenko, A. H. (2018). Osoblyvosti formuvannia prooksydantno-antyoksydantnoho homeostazu v spermi knuriv-plidnykiv pry zghodovuvanni laktativ Zn, Se, Cu i Fe. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, 87 (2), 134–140 [In Ukrainian].
14. Shostia, A. M., Rokotianska, V. O., Nevidnychyi, O. S., Tsybenko, V. H., Sokyрко, M. P., Hyria, V. M. (2018). Osoblyvosti formuvannia prooksydantno antyoksydantnoho homeostazu v spermi knuriv-plidnykiv pry zghodovuvanni vitaminnoi dobavky. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: Seriya: Tvarynnytstvo*, 2, 260–264 [In Ukrainian].
15. Duhig, K., Chappell, L. C., & Shennan, A. H. (2016). Oxidative stress in pregnancy and reproduction. *Obstetric Medicine*, 9 (3), 113–116. doi: 10.1177/1753495x16648495.
16. Ji, F., McGlone, J. J., & Kim, S. W. (2006). Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. *Journal of Animal Science*, 84 (9), 2482–2490. doi: 10.2527/jas.2005-206.
17. Wang, Q., Chen, Y. J., Yoo, J. S., Kim, H. J., Cho, J. H., & Kim, I. H. (2008). Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*, 117 (2–3), 270–274. doi: 10.1016/j.livsci.2007.12.024.
18. Kajdashev, I. P. (1996). *Posibnik z eksperimentalno–klinichnih doslidzhen z biologiyi ta medicini*. Poltava, 123–28 [In Ukrainian].
19. TU U 15.7-00493675-004: 2009 «Biologichno aktyvna kormova dobavka Humilid». (2009). Kyiv [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 25.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Шостя А. М., Павлова І. В., Чухліб Є. В., Кузьменко Л. М., Кодак Т. С., Березницький В. І., Шаферівський Б. С. Вплив гуматів на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у кнурів-плідників під час теплового стресу. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 114–120.

© Шостя Анатолій Михайлович, Павлова Інга Володимирівна,
Чухліб Євгеній Володимирович, Кузьменко Лариса Михайлівна,
Кодак Тетяна Степанівна, Березницький Віктор Іванович,
Шаферівський Богдан Сергійович, 2020



review article | UDC 636.4.08 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.14

THE LATEST BIOTECHNOLOGIES OF PIG REPRODUCTION IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL PIG BREEDING
S. O. Usenko^{1*}

 ORCID  [0000-0001-9263-5625](https://orcid.org/0000-0001-9263-5625)
A. S. Siabro¹

 ORCID  [0000-0001-6808-2223](https://orcid.org/0000-0001-6808-2223)
A. A. Polishchuk¹

 ORCID  [0000-0003-3572-8491](https://orcid.org/0000-0003-3572-8491)
O. G. Moroz¹

 ORCID  [0000-0001-9778-6043](https://orcid.org/0000-0001-9778-6043)
G. O. Birta²

 ORCID  [0000-0001-6952-7554](https://orcid.org/0000-0001-6952-7554)
M. O. Ilchenko³

 ORCID  [0000-0003-0163-1384](https://orcid.org/0000-0003-0163-1384)
¹ Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

² Poltava University of Economics and Trade, 3, Kovalia str., Poltava, 36014, Ukraine

³ Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences, 1, Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: sveta_usenko@ukr.net

The modern understanding concerning the effectiveness of the latest biotechnology methods of pig reproduction aimed at reducing the impact of negative factors in industrial pig breeding has been highlighted. The effect of stress factors on pig reproductive capacity has been analyzed, and effective ways of preventing the inhibition of reproductive function have been identified. It has been determined that receiving highly productive offspring begins with the formation of biologically complete gametes and their copulation, which is achieved through the application of artificial insemination method. It has been found that applying intrauterine method enables to inseminate sows with small sperm doses, increasing the number of impregnated sows (percentage of impregnation). With the purpose of long-term storing the gene pool of high-quality breeding boars, the method of sperm cryopreservation is used. The success of using this method depends primarily on the composition of diluents and freezing programs, in which the using of sperm plasma and cryo-protectors of the latest generation remains promising. It has been found that effective intensification of pig reproductive capacity is possible only at applying biotechnological techniques – stimulation and synchronization of estrus and ovulation in sows, based on the patterns of changes in hormonal profile, depending on their physiological condition. For this purpose biologically active substances and pharmacological means (hormonal preparations and vitamin complexes) are used. It has been determined that prostaglandins are used to ensure the rhythm of pork production due to the synchronization of farrowing. Applying the methods of farrowing synchronization enables, without harming piglets and sows, to regulate the duration of pregnancy, reduce the number of stillbirths, decrease age differences between piglets, maintain the production rhythm, and minimize labor costs. It has been determined that early and timely weaning of piglets makes it possible to increase the intensity of using sows, reduce the organism exhaustion and avoid delayed sexual estrus. In order to reduce the negative factors during the weaning period, it is promising to apply additional feeding piglets with vitamins of antioxidant action (vitamins A, E, C) and selenium in the form of feed additives, which increases the liver functional state, resistance of the organism and later on reduces the period of their growing to slaughter conditions.

Key words: reproduction, artificial insemination, pigs, hormones, synchronization, farrowing, piglets.

НОВІТНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВІДТВОРЕННЯ СВИНЕЙ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО СВИНАРСТВА

С. О. Усенко¹, А. С. Сябро¹, А. А. Полищук¹, О. Г. Мороз¹, Г. О. Бирта², М. О. Ільченко³,

¹ Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

² Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна

³ Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна

Висвітлено сучасне розуміння ефективності новітніх методів біотехнології відтворення свиней, які спрямовані на зменшення впливу негативних факторів промислового свинарства. Проаналізовано вплив стрес-факторів на репродуктивну здатність свиней та визначені ефективні способи запобігання гальмуванню відтворювальної функції. Встановлено, що отримання високопродуктивних нащадків розпочинається з формування біологічно повноцінних гамет і нормального їх злиття, яке досягається завдяки застосуванню методу штучного осіменіння. Виявлено, що використання внутрішньоматкового методу дає змогу осіменяти свиноматок малими спермодозами, збільшуючи при цьому кількість запліднених свиноматок (відсоток заплідненості). З метою довготривалого зберігання генофонду високоцінних кнурів-плідників використовують метод кріоконсервації спермій. Успіхи від використання цього методу насамперед залежать від складу розріджувачів та програм заморожування, де перспективним залишається використання спермальної плазми та кріопротекторів нового покоління. З'ясовано, що ефективна інтенсифікація відтворної здатності свиней можлива лише в разі застосування біотехнологічних прийомів – стимуляції й синхронізації охоти та овуляції у свиноматок, що базуються на закономірностях зміни гормонального профілю залежно від їх фізіологічного стану. Для цього використовують біологічно активні речовини та фармакологічні засоби (гормональні препарати та комплекси вітамінів). Встановлено, що для забезпечення ритмічності виробництва свинини через синхронізацію опоросів використовують простагландини. Використання методів синхронізації опоросів дозволяє, без шкоди для поросят і свиноматок, регулювати тривалість поросності, скоротити кількість мертвонародженого молодняка, зменшити вікові розбіжності між ними, витримувати крок ритму виробництва та звести до мінімуму трудові витрати. Визначено, що раннє та своєчасне відлучення поросят дає можливість підвищити інтенсивність використання свиноматок, знизити виснаженість організму та уникнути затримки статевої охоти. З метою зниження негативних факторів у період відлучення перспективним є використання підгодівлі поросят вітамінами антиоксидантної дії (вітаміни А,Е,С) та Селеном у вигляді кормових добавок, що підвищує функціональний стан печінки, резистентність організму та в подальшому скорочує період їх вирощування до забійних кондицій.

Ключові слова: репродукція, штучне осіменіння, свині, гормони, синхронізація, опорос, поросята.

НОВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА СВИНЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СВИНОВОДСТВА

С. А. Усенко¹, А. С. Сябро¹, А. А. Полищук¹, О. Г. Мороз¹, Г. О. Бирта², М. О. Ильченко³,

¹ Полтавская государственная аграрная академия, Полтава, Украина

² Полтавский университет экономики и торговли, г. Полтава, Украина

³ Институт свиноводства и АПП НААН, г. Полтава, Украина

Представлено современное понимание относительно эффективности новых методов биотехнологии воспроизводства свиней, направленных на уменьшение влияния негативных факторов промышленного свиноводства. Установлено, что получение высокопродуктивных потомков начинается с формирования биологически полноценных гамет и нормального их слияния, которое достигается благодаря применению метода искусственного осеменения. Выявлено, что использование внутриматочного метода позволяет искусственно осеменять свиноматок малыми спермодозами, увеличивая при этом их оплодотворяемость. Эффективная интенсификация воспроизводительной функции возможна только при применении биотехнологических методов – стимуляции охоты и синхронизации опоросов у свиноматок, в основе которых положены закономерности изменения гормонального профиля в зависимости от их физиологического состояния. Определено, что ранний и своевремен-

ный отъем порослят дает возможность повысить интенсивность использования свиноматок, избежать истощения организма и сократить их сервис-период.

Ключевые слова: *репродукция, искусственное осеменение, свиньи, гормоны, синхронизация, опорос, поросята.*

Виробництво продукції свиначства на промисловій основі потребує розроблення ефективних методів підвищення відтворної здатності свиней, яка істотно гальмується через вплив негативних факторів – стреси, відсутність моціону, змін програм годівлі, перегрупування, дефіцит простору. Отримання високопродуктивних нащадків розпочинається з формування біологічно повноцінних гамет і нормального їх злиття.

Запліднення вважається найважливішим фізіологічним процесом у сільськогосподарських тварин, а новоутворений організм здатний повторювати всі видозміни і перетворення, які спостерігались у попередніх поколіннях тварин.

В основі отримання високопродуктивних нащадків покладено положення про біологічну нерівноцінність і різноякісність гамет самців та самок, сформоване О. В. Квасницьким. При цьому гамети тварин характеризуються мінливістю за розмірами та об'ємом, відповідно варіює й маса статевих клітин, які беруть участь у заплідненні. Науковці довели, що процес взаємної асиміляції залежить від якісних і кількісних співвідношень статевих клітин. Яйцеклітина з великим запасом пластинчатих речовин, вітамінів та ензимів більшою мірою впливає на розвиток зиготи, ніж сперматозоїд. Повноцінність яйцеклітини впливає на вибір спермія для запліднення. Чим більш біологічно повноцінна яйцеклітина, тим сильніше і енергетичніше буде протікати біохімічна реакція й саме з найбільш біохімічно-активними сперміями, в результаті чого відбувається запліднення. У процесі подальшого розвитку зигота перетворюється в найбільш життєздатну тварину [7, 28].

Велике значення має не лише розмір та маса яйцеклітин і спермій, але й відношення між протоплазмою та ядром клітини, оскільки при взаємній асиміляції статевих клітин, спермії привносять з собою частину протоплазми та ядерної речовини. Отже, вивчення статевих клітин тварин та їх біологічні і фізіологічні властивості є основою для розробки ефективних біотехнологічних методів відтворення [14, 16].

В умовах сьогодення вплив людини на процес злиття спермій та яйцеклітин є найбільш визначальним. Він здійснюється при використанні методу штучного осіменіння. Застосування високоефективного внутрішньоматкового методу дає можливість зменшити концентрацію та об'єм спермодози, збільшити заплідненість свиноматок, скоротити час на осіменіння (можливість осіменіння більшої кількості свиноматок за менший час), зменшити ризик потрапляння патогенної мікрофлори в матку, а також запобігати передчасному старінню гамет [15, 31, 34].

Однак тривалий час метод внутрішньоматкового штучного осіменіння був малорезультативним через травмуючий вплив внутрішнього катетера на слизову цервікального каналу й матки [32]. Проте використання удосконаленого катетера для локально-фіксованого внутрішньоматкового осіменіння свиноматок (90–95%) дає змогу не тільки їх осіменяти малими спермодозами, але й пересаджувати ембріони в задану ділянку матки [8, 9, 14, 29, 30, 38].

У довготривалому збереженні генофонду високоцінних кнурів-плідників провідна роль належить кріоконсервації спермій, де результати після її використання досягають 70–80 % відталих спермій з результативністю заплідненості свиноматок 60–70 % та підвищення великоплідності новонароджених поросят до 1,3–1,5 кг [41, 48]. Успіхи від використання кріоконсервованої сперми насамперед залежать від складу розріджувачів та програм заморожування, де перспективним залишається використання спермальної плазми та кріопротекторів нового покоління [1, 12, 13].

Вирішальним фактором штучного осіменіння свиней є своєчасне запліднення яйцеклітин, які швидко старіють у репродуктивному тракті, що вимагає встановлення чітких термінів настання овуляції. Саме метод синхронізації охоти у свиноматок дозволяє забезпечити оптимальні терміни овуляції та запліднення яйцеклітин [18].

Загалом в умовах інтенсивного ведення галузі свиначства синхронізація статевої охоти дає можливість поліпшувати організацію відтворення стада, підвищувати багатоплідність і збереженість поросят через створення однорідних груп у свиноматок, які перебувають на одній і тій же стадії статевого циклу, що є невід'ємною умовою промислового виробництва свинини [3, 42]. Безвигульне та фіксоване утримання свиноматок, перегрупування й дефіцит простору призводить до хронічного стресу, що супроводжується зниженням секреції стероїдних та тропних гормонів, що проявляється в порушеннях овуляційної реакції яєчників свиноматок, затриманні прояву охоти, збільшенні непро-

дуктивного періоду, зниженні заплідненості й багатоплідності [11, 22, 23]. Особливо важливого значення набуває введення молодих свинок в основне стадо, через їхні перегули, що очевидно обумовлено становленням їхньої статеві функції. Результати наших досліджень свідчать про те, що в пубертатних свинок при досягненні статевої зрілості гормональний фон є дуже лабільним (таб. 1). Особливо це стосується кількості прогестерону та естрадіолу, співвідношення яких і визначає прояв основних статевих ознак у період охоти. При цьому показано, що зі збільшенням кількості статевих циклів, рівень цих гормонів зростає, що позитивно відбивається на процесах дозрівання яйцеклітин, прояву готовності свинки до осіменіння. Тому нині розробляються способи відновлення, стимуляції та синхронізації статевої циклічності свиноматок за допомогою гормональних препаратів [43, 45].

1. Вміст тироїдних і стероїдних гормонів у крові свинок великої білої породи, $M \pm m$ (n=10)

Гормони	Фази статевого циклу					
	1 охота		2 охота		3 охота	
	лютеальна	еструс	лютеальна	еструс	лютеальна	еструс
Тироксин, нмоль/л	63,01±6,73	68,19±13,83	43,98±7,24	51,99±8,29	44,01±7,28	64,12±8,31
Трийодтиронін, нмоль/л	2,130±0,502	2,015±0,466	1,848±0,209	1,678±0,222	1,93±0,275	1,37±0,129
Прогестерон, нмоль/л	5,22±1,052	4,10±0,973	10,18±1,263	6,53±1,321	34,90±4,412	12,41±1,779
Тестостерон, нмоль/л	3,84±0,426	4,58±0,338	5,69±0,570	6,22±0,689	6,15±0,489	7,19±0,490
Естрадіол-17β, нмоль/л	0,125±0,016	0,179±0,024	0,151±0,019	0,236±0,057	0,335±0,056	0,53±0,095

Базуючись на встановлених закономірностях, учені використовують синтетичний прогестерон, сироватку жеребних кобил, хоріонічний гонадотропін (ХГ), фолігам і сурфагон для синхронізації охоти у свиноматок після відлучення поросят та скорочення тривалості сервісу періоду до 5 діб. При цьому рівень заплідненості підвищується до 90 % [3, 11, 39, 40].

Використання гормональних препаратів є не завжди ефективним, оскільки їхнє застосування може мати негативний вплив на репродуктивну систему та на організм свиноматок загалом. Тому актуальним є розроблення і впровадження нових методів використання біологічно активних речовин, негормональних та екологічно безпечних препаратів, які дозволять без шкоди на організм свиноматок і поросят, стимулювати та синхронізувати статеву охоту (стимулювати їх відтворну здатність). На думку дослідників, О. В. Квасницького, Г. С. Походні та В. Г. Козловського, нормальне протікання репродуктивного циклу залежить від повноцінної годівлі та умов утримання свиноматок. За даними Т. Л. Спіциної, додавання до раціону свиноматок біологічно активної добавки, яка містить лимонну та фумарову кислоти, декстрозу й сорбітол, у дозі 130 г/гол, дає змогу поліпшити відтворювальну здатність свиноматок. Виявлено скорочення періоду між відлученням поросят та еструсом на 37,7 %, а також підвищення рівня заплідненості після першого осіменіння на 10 % [27]. Уведення в корм свиноматок біологічно активних препаратів – Глютам 1 М (глутамінова кислота) – сприяє зменшенню сервіс періоду (холостого періоду) та підвищенню заплідненості [23].

В умовах органічного виробництва свинини одним з ефективних та економічно вигідних способів стимуляції статевої охоти є можливість отримання систематичного моціону для ремонтних свинок і холостих свиноматок спільно з кнурами-пробниками. Це забезпечує синхронність приходу маток в охоту, ритмічність виробництва та інтенсивність використання свиноматок 2,3 опороси на рік.

У середньому тривалість поросності становить 114 днів, але коливається в межах 105–120 днів залежно від індивідуальних особливостей свиноматок. При цьому не виходить досягти ритмічності виробництва, оскільки порушуються графіки формування груп свиноматок для цеху опоросу і груп поросят одного віку. За результатами наших досліджень встановлено високу лабільність гормонального фону та вмісту вітамінів – антиоксидантної дії у свинок протягом відтворювального циклу, де найбільші фізіологічні зрушення відбуваються в період фази еструсу та перед опоросом (таб. 2).

2. Динаміка вмісту гормонів і вітамінів у сироватці крові свинок української м'ясної породи впродовж відтворювального циклу, $M \pm m$ (n=10)

Показники	Періоди відтворювального циклу							
	лютеаль- на	еструс	Доби поросності					через 12 го- дин після опоросу
			30-а	60-а	90-а	104-а	113-а	
Тироксин, нмоль/л	37,47 ±6,50	48,61 ±7,29	56,63 ±7,25 ***	52,13 ±5,71 ***	55,52 ±5,64 ***	46,1 ±6,1 **	34,30 ±5,58 **	30,80±4,55
Трийодтиронін, нмоль/л	0,95 ±0,24	1,17 ±0,29	1,38 ±0,34	1,26 ±0,31	1,39 ±0,37	1,44 ±0,31	1,41 ±0,32 *	1,62±0,44
Прогестерон, нмоль/л	30,63 ±5,71	50,41 ±6,33 *	45,24 ±6,05	66,33 ±5,66 **	75,84 ±4,96 ***	89,40 ±5,81 ***	113,46 ±13,86 ***	56,92±6,33 *
Естрадіол-17β, нмоль/л	0,11 ±0,02	0,23 ±0,05	0,29 ±0,06	0,26 ±0,04	1,71 ±0,28	2,44 ±0,48 **	5,83 ±0,82 **	0,96±0,23 *
Аскорбінова ки- слота, мкмоль/л	16,61 +4,01	12,36 +3,55	9,55 +2,90	7,63 +1,85	11,23 +4,07	13,57 + 4,81	8,1 +2,34	6,72+1,31
Вітамін А, мкмоль/л	1,49 + 0,22	1,73 +0,42	1,81 +0,41	1,46 +0,32	1,70 +0,46	1,38 +0,32	1,21 +0,31	1,38+0,26
Вітамін Е, мкмоль/л	0,73 +0,21	1,21 +0,33	1,33 +0,47	0,84 +0,28	0,71 +0,15	1,08 +0,22	0,97 +0,25	0,77+0,18

Примітки: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ порівняно з показниками лютеальної фази.

Зважаючи на це, при потоковому виробництві небажаними є як ранні, так і пізні опороси, тому застосовують біотехнологічні методи синхронізації опоросів з використанням різних фармакологічних засобів, найбільш ефективними з яких є простагландини [4]. За даними І. Г. Рачкова, ін'єкція аналогів простагландину F2α (естрофана, суперфана і аніпроста) з ранку на 112 день поросності дає змогу синхронізувати настання опоросів у 96,7 % через 28–48 годин після введення, знизивши кількість мертвонароджених поросят.

Ефективним поєднанням є застосування комплексу вітамінних (Триовет-Ф) та гормональних (Естрофан) препаратів на 113 добу поросності, що дає можливість отримати опорос на 114 добу в передбачуваний час. При цьому свиноматкам з розтягнутим пологовим процесом вводять Окситоцин-вет для полегшення виходу плодів [17].

При цьому свиноматки, яким для синхронізації опоросів вводили простагландин, після відлучення поросят (28 днів) проявляли раніше статеву охоту протягом 7–10 днів (80 %) [4]. Використання методів синхронізації опоросів дозволяє, без шкоди для поросят та свиноматок, регулювати тривалість поросності, скоротити кількість мертвонароджених поросят, зменшити вікові розбіжності між ними, витримувати крок ритму виробництва, виключити опороси у вихідні та святкові дні, що зводить до мінімуму трудові витрати.

В основі підвищення інтенсивності використання свиноматок є вкорочення підсисного періоду через високу потребу організму у 24–32 МДж обмінної енергії та 320–500 г перетравного протеїну для щоденного синтезу 4–6 кг молока. Це потребує оптимальних програм нормованої годівлі підсисних свиноматок для повного відшкодування витрат їх організму на підтримку життєдіяльності та виробництва молока [6].

Найчастіше для підвищення інтенсивності використання свиноматок застосовують раннє та своєчасне відлучення поросят, яке проводять з 3–45-денного віку, для зниження виснаженості свино-

маток та уникнення затримки статевої охоти, перегулів та зниження запліднюючої здатності. Однак раннє відлучення поросят істотно зменшує час на відновлення репродуктивної системи та підготовку для наступного опоросу. Вважається оптимальним строком відлучення поросят 35 діб. Деякі автори вважають, що відлучення на 21 добу є найбільш ефективним, і дає змогу отримувати до 20–25 поросят на рік [18, 24–26].

Повноцінність підсисних поросят значною мірою залежить від молочності свиноматок та правильної організації підгодовлі, що дозволяє у процесі вирощування мінімізувати негативний вплив різних стресів. Особливо вразливим для новонароджених поросят є оксидативний стрес при переході від ендogenous до екзогенного дихання [36, 44]. З метою зниження негативної дії цього фактору ефективним є використання підгодовлі поросят вітамінами антиоксидантної дії (вітаміни А, Е, С) та Селену у вигляді кормових добавок, що підвищує еритро- і лейкопоез, функціональний стан печінки, резистентність організму та в подальшому скорочує період їх вирощування до забійних кондицій 115 кг на 14 днів. [5, 20, 21, 33, 35, 37, 46, 47, 49].

Нові відкриття в галузі молекулярної біотехнології – локуси кількісних ознак (QTL гени) – сприятимуть прискоренню процесу поліпшення продуктивних ознак, що особливо важливо для показників з низьким коефіцієнтом успадкування, зокрема багатоплідність свиноматок. Встановлено, що у процесі формування цієї ознаки у свиней беруть участь ряд генів, серед яких гену рецептора естрогену 1 (ERS1) належить провідне значення. За даними В. Н. Балицького, виявлено взаємозв'язок поліморфізму гену рецептора естрогену 1 (ERS1) із загальною кількістю поросят у гнізді при народженні. Свиноматки з генотипом ESR1BB, за даними 2–4 опоросів, мали на 1,36 народжених поросят у гнізді більше, ніж тварини з генотипом ESR1AA, а їх багатоплідність вища на 1,15 голови, відповідно. Спостерігається також залежність маси гнізда від генотипу по гену рецептора естрогену 1. У тварин генотипом ESR1 PvuII BB маса гнізда більша порівняно з ESR1 PvuII AA, в середньому на 10,84 кг [2].

За даними В. Ю. Нора, встановлено вірогідний взаємозв'язок локусу FSH β з об'ємом еякуляту кнурів великої білої породи, вплив генотипу на цей показник становить 36 % ($p \leq 0,01$) [19]. При цьому результати досліджень С. О. Костенко свідчать про перевагу свиноматок з бажаними генотипами по чотирьох генах (FSHR/NCOA1/ ESR/PRLR) над тваринами з генотипами TT/A2A2/AA/BB (FSHR/NCOA1/ ESR/PRLR) по багатоплідності на 0,9 голів, по кількості народження живих поросят 0,63 голів та за показниками поросят при відлученні 0,25 голів [10].

Висновки

Встановлено, що в разі інтенсивного ведення свинарства, важливим технологічним прийомом є відтворення поголів'я, метод інтенсифікації якого – застосування методу штучного осіменіння, що дає змогу більш ефективно використовувати генетичні ресурси високоцінних кнурів-плідників. Широке впровадження новітнього методу внутрішньоматкового штучного осіменіння істотно підвищує заплідненість та багатоплідність свиноматок, при цьому відкривається можливість зменшення об'єму та концентрації спермодози. Виявлено, що для підвищення відтворювальної здатності застосовують методи стимуляції й синхронізації статевої охоти та опоросів у свиноматок, що базуються на встановлених закономірностях зміни гормонального профілю залежно від їх фізіологічного стану. Для цього використовують біологічно активні речовини та фармакологічні засоби (гормональні препарати, простагландини та комплекси вітамінів). Важливою умовою інтенсивного використання свиноматок є раннє та своєчасне відлучення поросят, яке проводять з 3–45-денного віку. Це дає можливість значно зменшити навантаження на організм свиноматки і тим самим зберігати її високі репродуктивні якості більш тривалий час. Для забезпечення нормального відлучення та запобігання виникненню стресів у поросят застосовують вітамінно-мінеральні добавки, до складу яких входять вітаміни А, Е, С, Залізо та Селен. При цьому поросята характеризуються підвищеною збереженістю, більшим середньодобовим приростом, що скорочує період вирощування до забійних кондицій.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні ефективних методів стимуляції та синхронізації статевого циклу свиноматок, оптимізації програм нормованої годівлі свиноматок залежно від фізіологічного стану, а також застосування комплексних методичних підходів при осіменінні кріоконсервованою спермою.

Reference

1. Andrushko, O. B., Sharan, M. M., & Korniyat, S. B. (2014). Shlyahi pokrashennya umov dlya dovgotrivalogo zberigannya spermi knuriv pri zamorozhuvanni. *Biologiya Tvarin*, 16 (3), 157

[In Ukrainian].

2. Balackij, V. M., Grishina, L. P., Sayenko, A. M., Vovk, V. O., & Vashenko, P. A. (2016.) Asociaciya polimorfizmu ESR1 gena z reproduktivnimi yakostyami svinomatok velikoyi biloyi i mirgorodskoyi pored. *Rozvedennya i Genetika Tvarin*, 52, 150–158 [In Ukrainian].

3. Bobrik, D. I., Rybakov, Yu. A., & Yacyna, V. V. (2013). Biotehnologicheskie priemy intensifikatsii vosproizvodstva stada svinej. *Uchenye Zapiski Uchrezhdeniya Obrazovaniya "Vitebskaya Ordena "Znak Pocheta" Gosudarstvennaya Akademiya Veterinarnej Mediciny"*, 49 (11), 4–6 [In Russian].

4. Bobrik, D. I., Razuvanov, S. A., & Tyamchik, V. V. (2016). Stimulyaciya i sinhronizaciya oporosa u svinomatok analogami prostaglandina F2A. *Veterinarnyj Zhurnal Belarusi*, 1 (3), 45–49 [In Russian].

5. Yefimov, V. G. (2015). Biohimichni pokazniki krovi svinej na riznih etapah viroshuvannya za vplivu vitaminu E i Selenu. *Naukovo-Tekhnichnij Byuleten Derzhavnogo Naukovo-Doslidnogo Kontrolnogo Institutu Veterinarnih Preparativ ta Kormovih Dobavok i Institutu Biologiyi Tvarin*, 16 (2), 24–29 [In Ukrainian].

6. Ibatulin, I. I., Bashenko, M. I., & Zhukorskiy, O. M. (2016). *Dovidnik z povnocinnoyi godivli silskogospodarskih tvarin*. Kiyiv [In Ukrainian].

7. Kvasnickij, A. V., Martynenko, N. A., & Bliznyuchenko, A. G. (1988). *Transplantaciya embrionov i geneticheskaya inzheneriya v zhivotnovodstve*. Kiyiv: Urozhaj [In Russian].

8. Kovalenko, V. F., Getya, A. A., & Shostya, A. M. (2012). Patent Ukrainy № 67835 U. Kyiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti» (Ukrpatent) [In Ukrainian].

9. Kovalenko, V. F., Martinenko, N. A., Bindyug, O. A., Zinov'yev, S. G., & Kudyukin, P. V. (2009). Patent Ukrainy № 38649 U. Kyiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti» (Ukrpatent) [In Ukrainian].

10. Kostenko, S. O., & Dragulyan, M. V. (2012). Prognozuvannya bagatoplidnosti svinej za dopomogoyu citogenetichnih ta DNK-markeriv. *Tavrijskij Naukovij Visnik*, 78, (2 (1)), 105–109 [In Ukrainian].

11. Malahova, T. A. (2015) Stimulyaciya polovoj funktsii u svinomatok za schet skarmlivaniya im preparata «Mival-Zoo». *Candidate's thesis*. Belgorod [In Russian].

12. Martinenko, N. A., Kovalenko, V. F., Ilchenko, M. O., & Bazalevich, A. V. (2009). Faktori spermalnoyi plazmi, sho kontrolyuyut kriotolerantnist spermiv knura. *Visnik Poltavskoyi Derzhavnoyi Agrarnoyi Akademiyi*, 1, 179–183 [In Ukrainian].

13. Martinyuk, I. M., & Byelikov, A. A. (2018). Naukovi dosyagnennya laboratoriyi vidtvorennya svinej institutu tvarinnictva NAAN. *Naukovo-Tekhnichnij Byuleten IT NAAN*, 119, 91–99 [In Ukrainian].

14. Martinyuk, I. M. (2014). Shtuchne osimeninnya – bazoviy metod vedennya galuzi svinarstva. *Naukovo-Tekhnichnij Byuleten IT NAAN*, 112, 76–81 [In Ukrainian].

15. Melikova, Yu. N., Pisarenko, N. A., & Skripkin, V. S. (2011). *Povyshenie vosproizvoditel'noy funktsii svinej: monografiya*. Stavropol: AGRUS, 104 [In Russian].

16. Melnik, V. O., Kravchenko, O. O., & Kogut, O. S. (2017). Efektivnist vnutrishno matkovogo osimeninnya pleminnih svinomatok. *Rozvedennya i Genetika Tvarin*, 53, 254–259 [In Ukrainian].

17. Melnik, V. O., Poruchnik, M. M., & Bondar, A. O. (2015). Sinhronizaciya pologiv svinomatok kompleksom biologichno aktivnih preparativ. *Svinarstvo*, 67, 165–168 [In Ukrainian].

18. Melnik, V. O., Bondar, A. O., & Kravchenko, O. O. (2011). Tekhnologiya vidtvorennya svinej v umovah pleminnih gospodarstv. *Zbirnik Naukovih Prac HDZVA : Problemi Zootekhnicheskoyi ta Veterinarnej Mediciny*, 22 (1(1)), 153–159 [In Ukrainian].

19. Nor, V. Yu. (2015). Sposib rannoyi ocinki potencialu fertylnosti knuriv za DNK-markerami. *Svinarstvo*, 67, 113–119 [In Ukrainian].

20. Ovsienko, M. A. (2015). Porivnyalna ocinka kormovih dobavok dlya vidluchenih porosyat za umov yih godivli kombikormom-prestarterom. *Kormi i Kormovirobnictvo*, 81, 206–211 [In Ukrainian].

21. Ovsienko, M. A. (2015). Kormova dobavka dlya vidluchenih porosyat ta yiyi vpliv na yih zberezhenist, peretrvnist pozhivnih rechovin, biohimichni i morfologichni pokazniki krovi. *Rozvedennya i Genetika Tvarin*, 50, 67–73 [In Ukrainian].

22. Pilipchuk, O. S. (2019). Vidtvoryuvalna zdatsnist svinomatok za vikoristannya riznih nejrotropnometabolichnogo preparatu. *Animal science and food technology*, 10 (1), 27–33 [In Ukrainian].

23. Pilipchuk, O. S. (2017). Obgruntuvannya biotehnologichnih sposobiv stimulyatsiyi vidtvoryuvalnoyi zdatsnosti svinomatok. *Candidate's thesis*. Kiyiv [In Ukrainian].

24. Popsuj, V. V., Korzh, O. V., Opara, V. O., & Bordun, O. M. (2017). Viznachennya optimalnih strokiv vidluchennya porosyat. *Biologichni Aspekti Tekhnologij Tvarinnictva i Virobnictva Produkciyi*, 125–130 [In Ukrainian].

25. Pohodnya, G. S., Kornienko, P. P., Malahova, T. A., Kreneva, T. V., & Mamenko, A. M. (2017).

- Effektivnost vyrashivaniya porosyat pri razlichnyh srokah ih otyoma. *Problemi Zoonzheneriyi ta Veterinarnoyi Medicini*, 33 (1), 129–134 [In Ukrainian].
26. Sedilo, G. M., Pundik, V. P., Kaplinskij, V. V., & Tesak, G. V. (2013). Rannye vidluchennya porosyat: perevagi ta problemi. *Peredgirne ta Girske Zemlerobstvo i Tvarinnictvo*, 55 (2), 174–180 [In Ukrainian].
27. Spicina, T. L., Rakityanskij, V. M., & Suhin, V. M. (2014). Korekciya fiziologichnogo statusu ta vidtvoryuvalnoyi funkciyi svinomatok za vplivu biologichno aktivnoyi dobavki. *Visnik Poltavskoyi Derzhavnoyi Agrarnoyi Akademiyi*, 1, 47–49 [In Ukrainian].
28. Stepchenko, L. M., Pavlova, I. V., Shostya, A. M., Galuzina, L. I., Kravchenko, O. I., & Maslak, M. M. (2019). Vpliv rechovin guminovoyi prirodi na yakist spermoprodukciji u knuriv-plidnikiv pid chas teplovogo stresu. *Visnik Poltavskoyi Derzhavnoyi Agrarnoyi Akademiyi*, 4, 141–146 [In Ukrainian].
29. Usenko, S. O. (2014). Osoblivosti metodichnih pidhodiv do shtuchnogo osimeninnya svinej. *Svinarstvo*, 64, 105–110 [In Ukrainian].
30. Usenko, S. O., Rokotyanska, V. O., Kuzmenko, L. M., & Shostya, A. M. (2017). Patent Ukrainy № 119099 U. Kyiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti» (Ukrpatent) [In Ukrainian].
31. Usenko, S. O., Shostya, A. M., Bazalevich, A. V., Chirkov, O. G., Giry, V. M., Smislov, S. Yu., & Sokirko, M. P. (2016). Transcervikalne shtuchne osimeninnya svinomatok malimi dozami spermi. *Svinarstvo*, 68, 69–74 [In Ukrainian].
32. Chirkov, O. G. (2014). Obmezheniya i riziki zastosuvannya vnutrishno matkovogo katetera u zv'yazku z osoblivostyami prostorovoyi organizaciyi matki svini. *Svinarstvo*, 64, 110–123 [In Ukrainian].
33. Bekenev, V., Garcia, A., & Hasnulin, V. (2015). Adaptation of piglets using different methods of stress prevention. *Animals*, 5, 349–360. doi: 10.3390/ani5020349.
34. Bortolozzo, F. P., Menegat, M. B., Mellagi, A. P. G., Bernardi, M. L., & Wentz, I. (2015). New artificial insemination technologies for swine. *Reproduction in Domestic Animals*, 50 (2), 80–84. doi: 10.1111/rda.12544.
35. Burtseva, S. V., Pushkarev, I. A., Trebukhov, A. V., Vladimirov, N. I., Tkachenko, L. V., & Klimenok, I. I. (2019). Productive qualities and quality of large white pigs' meat using vitamin feed additive. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 341, 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012054.
36. Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4:19, 1–4. doi: 10.1186/2049-1891-4-19.
37. Cao, J., Guo, F., Zhang, L., Dong, B., & Gong, L. (2014). Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5 (46), 1–7. doi: 10.1186/2049-1891-5-46.
38. Chanapiwat, P., Olanratmanee, E. O., Kaeoket, K., & Tumaruk, P. (2014). Conception rate and litter size in multiparous sows after intrauterine insemination using frozen-thawed boar semen in a commercial swine herd in Thailand. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 76 (10), 1347–1351. doi: 10.1292/jvms.14-0069.
39. Kadirvel, G., Bujarbaruah, K. M., Kumar, S., & Ngachan, S. V. (2017). Oestrus synchronization with fixed-time artificial insemination in smallholder pig production systems in north-east India: Success rate and benefits. *South African Journal of Animal Science*, 47 (2), 140–145. doi: 10.4314/sajas.v47i2.5.
40. Knox, R. V. (2015). Recent advancements in the hormonal stimulation of ovulation in swine. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 6, 309–320. doi: 10.2147/VMRR.S68960.
41. Knox, R. V. (2015). The fertility of frozen boar sperm when used for artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals*, 5 (2), 90–97. doi: 10.1111/rda.12552.
42. Kouamo J., & Kamga-Waladjo, A. R. (2013). State-of-art in Estrus Synchronization in Sows. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 11 (3–4), 155–159.
43. Kraeling, R. R., & Webel, S. K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6 (3), 1–14. doi: 10.1186/2049-1891-6-3.
44. Middelkoop, A., Costermans, N., Kemp, B., & Bolhuis, E. (2019). Feed intake of the sow and playful creep feeding of piglets influence piglet behaviour and performance before and after weaning. *Scientific Reports*, 9, 1–13. doi: 10.1038/s41598-019-52530-w
45. Quirino, M., Raquel, A., Pinheiro, A., Tonello, J., Ulguim, R., Paula, Ana., Mellagi, G., & Bortolozzo, F. (2019). Reproductive performance of fixed-time artificial insemination in swine and factors for the technology success. *Ciência Rural*, 49 (2), 1–7. doi: 10.1590/0103-8478cr20180712.

46. Rey, A. I., López-Bote, C. J., & Litta G. (2017). Effects of dietary vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate) and vitamin C combination on piglets oxidative status and immune response at weaning. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 26, 226–235. doi: 10.22358/jafs/76595/2017.
47. Szudzik, M., Starzynski, R. R., Jonczy, A., Mazga, J. R., Lenartowicz M., & Lipinski, P. (2018). Iron supplementation in suckling piglets: an ostensibly easy therapy of neonatal iron deficiency anemia. *Pharmaceuticals*, 11 (128), 1–13. doi: 10.3390/ph11040128.
48. Yeste, M., Rodríguez-Gil, J. E., & Bonet, S. (2017). Artificial insemination with frozen-thawed boar sperm. *Molecular reproduction development*, 84, 802–813. doi: 10.1002/mrd.22840.
49. Zhang, S., Wu, Z., Heng, J., Song, H., Tian, M., Chen, F., & Guan, W. (2020). Combined yeast culture and organic selenium supplementation during late gestation and lactation improve preweaning piglet performance by enhancing the antioxidant capacity and milk content in nutrient-restricted sows. *Animal Nutrition Journal*, 1–30. doi: 10.1016/j.aninu.2020.01.004.

Стаття надійшла до редакції 26.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Усенко С. О., Сябро А. С., Поліщук А. А., Мороз О. Г., Бірта Г. О., Ільченко М. О. Новітні біотехнології відтворення свиней в умовах промислового свинарства. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 121–129.

© Усенко Світлана Олексіївна, Сябро Альона Сергіївна,
Поліщук Анатолій Анатолійович, Мороз Олег Григорович,
Бірта Габрієлла Олександрівна, Ільченко Марія Олександрівна, 2020



original article | UDC 636.4 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.15

THE RELATIONSHIP OF SPERM PRODUCTIVITY AND SEX ACTIVITY OF DIFFERENT GENOTYPE BREEDING BOARS BY *ACTN1* AND *FSHβ* GENESV. M. Gyria¹O. I. Metlitska²V. Ye. Usachova^{3*}O. I. Myronenko³V. G. Slynko³ORCID  [0000-0002-6643-5790](https://orcid.org/0000-0002-6643-5790)ORCID  [0000-0001-7939-1208](https://orcid.org/0000-0001-7939-1208)ORCID  [0000-0002-5866-7006](https://orcid.org/0000-0002-5866-7006)ORCID  [0000-0002-6067-3755](https://orcid.org/0000-0002-6067-3755)ORCID  [0000-0002-1673-5840](https://orcid.org/0000-0002-1673-5840)¹ Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS, 1, Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine² State enterprise “Biological Resources of Ukraine” of the Ministry of Power Engineering and Environmental Protection, 35, Mytropolyta Vasylia Lypkivskoho str., Kiev, 03035, Ukraine³ Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: valentyana.usachova@gmail.com

The article is devoted to the estimation of breeding boars' genotypes according to the indices of sex activity and sperm productivity and identification of the desired *ACTN1*, *FSHβ* gene genotypes for further breeding work in the herd. The purpose of our research was to identify the relationship of breeding boars' genetic structure by *ACTN1*, *FSHβ* genes and describe the effect of their polymorphism on the indices of sperm productivity and sex activity of boars belonging to different breeds. The analysis of sperm productivity by *ACTN1* gene showed that the AA genotype of boars had a larger ejaculate volume by 28.6 ml (11.8 %, $P \leq 0.05$) than BB genotype boars of the same age, but were inferior to AB genotype boars by 52.4 ml (19.3 %). It was found out that sperm productivity and sex activity of breeding boars as to *FSHβ* gene were ambivalent: boars of the Large White breed had a larger ejaculate volume (89.0–33.7 ml, or by 0.8–4.3 times), and breeding boars of Landrace breed, on the contrary, were inferior as to this index (114.5–123.3 ml less, or by 51.5–57.7 %). The results are statistically highly reliable ($p \leq 0.001$). On the average as to the estimated boars, a significant difference was established between the genotypes concerning the spermatozoon motility ($p \leq 0.05$). A statistically significant preference ($P \leq 0.001$) of heterotic boars of AB genotype, *ACTN1* gene of the Large White breed, Landrace, and Duroc breeds was revealed as to the indices of contact with phantom and erection by 42.5–55.4 sec., as well as ejaculation intensity by 0.082–0.313 sec., respectively, which is confirmed by higher indices (2.1–4.2). According to the *FSHβ* gene, the same tendency regarding sex activity of the studied boars was confirmed. On the whole, the analysis of haplotypes of *ACTN1* and *FSHβ* genes has shown that the selection of boars for their libido and sperm productivity will be more effective in AVAA sub-gene, as compared with AVAV and AAVV genotypes, where there is an increase of ejaculate by 7.6–38.6 %, spermatozoon concentration – by 14.3–30.2 %, spermatozoon motility by 2.5–4.6 %, and higher mating activity: by the contact of breeding boar with phantom and erection by 47.8–79.2 %, and ejaculation intensity – by 5.0–14.5 %. To assess the productive qualities of breeding boars, a separate role has been noted for using sperm productivity and sex activity indices, which make it possible to carry out the objective estimation of boars' breeding value for determining their breeding rating.

Keywords: genotype, breeding boars, sex (mating) activity, sperm productivity, genes, *ACTN1*, *FSHβ*.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СПЕРМОПРОДУКТИВНОСТІ ТА СТАТЕВОЇ АКТИВНОСТІ КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ ЗА ГЕНАМИ *ACTN1* І *FSHβ*В. М. Гиря¹, О. І. Метлицька², В. Є. Усачова³, О. І. Мироненко³, В. Г. Слинько³,¹ Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна² Державне підприємство «Біологічні ресурси України» Міністерства енергетики та захисту довкілля України, м. Київ, Україна³ Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Стаття присвячена оцінці генотипів кнурів-плідників за показниками статевої активності і спермопродуктивності та виявленню бажаних генотипів генів *ACTN1*, *FSHβ* для подальшої селекційної роботи у стаді. Метою наших досліджень було виявити зв'язок генетичної структури кнурів-плідників за генами *ACTN1*, *FSHβ* та описати вплив їх поліморфізму на показники спермопродуктивності та статевої активності кнурів різних порід. Аналіз спермопродуктивності плідників за геном *ACTN1* показав, що кнури генотипу AA мали більший на 28,6 мл об'єм еякуляту (11,8 %, $P \leq 0,05$), ніж їх ровесники генотипу BB, однак поступались особинам з генотипом AB на 52,4 мл (19,3 %). Виявлено, що спермопродуктивність і статеву активність плідників за геном *FSHβ* були подвійно: кнури великої білої породи мали більший об'єм еякуляту (на 89,0–33,7 мл, або у 0,8–4,3 раза), а плідники породи ландрас навпаки поступались за цим показником (на 114,5–123,3 мл, або на 51,5–57,7 %). Результати статистично високо достовірні ($p \leq 0,001$). У середньому ж по оціненим кнурам достовірною різниця встановлена між генотипами за рухливістю спермій ($p \leq 0,05$). Зафіксовано статистично достовірну перевагу ($P \leq 0,001$) гетерозисних кнурів генотипу AB гену *ACTN1* великої білої породи, ландрас, дюрок за показниками контакту з фантомом і ерекцією на 42,5–55,4 с., а також інтенсивністю еякуляції відповідно на 0,082–0,313 с., що й підтверджено вищими індексними показниками (2,1–4,2). За геном *FSHβ* підтверджена така ж тенденція відносно статевої активності досліджуваних кнурів. Загалом аналіз гаплотипів двох генів *ACTN1* і *FSHβ* показав, що відбір кнурів за їх лібідо та спермопродуктивністю буде ефективнішим за субгенотипом ABAA, порівняно з генотипами ABAB і AAAB спостерігається збільшення еякуляту на 7,6–38,6 %, концентрації спермій – на 14,3–30,2 %, рухливості спермій – на 2,5–4,6 %, вища статеву активністю: за контактом плідника з фантомом і ерекцією на 47,8–79,2 % та інтенсивністю еякуляції – на 5,0–14,5 %. Для оцінки продуктивних якостей кнурів-плідників відмічена окрема роль використання індексів спермопродуктивності та статевої активності, які дають можливість проводити об'єктивну оцінку племінної цінності кнурів для встановлення їх селекційного рейтингу.

Ключові слова: генотип, кнури-плідники, статеву активність, спермо- продуктивність, гени, *ACTN1*, *FSHβ*.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СПЕРМОПРОДУКТИВНОСТИ И ПОЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ ПО ГЕНАМ *ACTN1* И *FSHβ*В. Н. Гиря¹, Е. И. Метлицкая², В. Е. Усачева³, Е. И. Мироненко³, В. Г. Слинько³,¹ Институт свиноводства и АПП НААН, г. Полтава, Украина² Государственное предприятие «Биологические ресурсы Украины» Министерства энергетики и защиты окружающей среды Украины, г. Киев, Украина³ Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Статья посвящена оценке генотипов хряков-производителей разных пород по показателям половой активности и спермопродуктивности и выявлению желаемых генотипов по генам *ACTN1* и *FSHβ* для дальнейшей селекционной работы в стаде. Анализ гаплотипов двух генов *ACTN1* и *FSHβ* показал, что отбор хряков по их либидо и спермопродуктивности в сравнение с генотипами ABAB и AAAB будет эффективнее по субгенотипу ABAA. У хряков с указанным генотипом наблюдается увеличение объема эякулята на 7,6–38,6 %, концентрации спермы – на 14,3–30,2 %, подвижности спермы – на 2,5–4,6 %, повышение половой активности по контакту хряка с фантомом, эрекции на 47,8–79,2 % и интенсивности эякуляции – на 5,0–14,5 %. Для оценки продуктивности хряков-производителей отмечена отдельная роль использования индексов спермопродуктивности и половой

активности, позволяющих проводить объективную оценку племенной ценности хряков для установления их селекционного рейтинга.

Ключевые слова: генотип, хряки-производители, половая активность, спермопродуктивность, гены, *ACTN1*, *FSHβ*.

Вступ

Пріоритетним напрямом розвитку сучасної аграрної науки та виробництва є генетичний контроль наявних ресурсів тварин на предмет встановлення носіїв бажаних генотипів продуктивних ознак та активне використання таких модельних особин у стадах шляхом планового відбору. На основі такої молекулярно-генетичної інформації можна спрямовано формувати генофонд з необхідними генними поєднаннями, оскільки вона ґрунтується на аналізі генотипу, не залежить від впливу зовнішнього середовища й надає можливість розводити генетично кращих тварин на ранніх етапах їх онтогенетичного розвитку [5].

Найбільш точним методом оцінки генетичного потенціалу сільськогосподарських тварин безпосередньо на рівні генотипу є дослідження з виявлення інформативних однонуклеотидних поліморфізмів (SNP) та розробці систем ДНК-аналізу генів [2, 19].

Використання молекулярно-генетичних маркерів стає важливим складовим елементом у селекційному процесі сільськогосподарських тварин і дає змогу отримувати високопродуктивні генотипи, брати участь у збереженні малочисельних та удосконаленні наявних порід, відкриває можливості вивчення генетичної індивідуальності як окремих особин, так і різних популяцій [13]. Однак необхідно зазначити, що хоча сучасні ДНК технології маркування геномів мають суттєві переваги і в принципі дозволяють ідентифікувати генотипи тварин одночасно по десяткам тисяч локусів, все ж теоретичні основи їх застосування у практичній селекції, за своєю суттю, залишаються такими ж, як і при використанні інших типів генетичних маркерів (біохімічні, імуногенетичні). Як правило, SNP представлені двома алелями, але можуть траплятися і триалельні варіанти [26]. Наявність різних методів генетичного контролю кількісних ознак дають можливість детермініруватися як безліччю генів з малим впливом на ознаки, так і відносно невеликою кількістю головних генів, що здійснюють безпосередній вплив [18].

Відтворювальна здатність кнурів-плідників відноситься до основних чинників якісного удосконалення стада та підвищення рентабельності галузі [4]. Тому ефективне виробництво свинини значною мірою залежить від використання кнурів з найвищою генетичною цінністю за статеву активністю (лібідо), якістю спермопродукції та відтворювальною здатністю. Зважаючи на те, що показники якості сперми не завжди вказують на фертильність і репродуктивну здатність кнурів, більш точним методом залишаються генетичні й білкові маркери, завдяки яким на ранньому етапі можна прогнозувати показники продуктивності кнурців [35].

Рішення по відборі кнура для подальшого його використання може бути ухвалене на ранньому етапі його життя, що дає змогу скоротити час його можливої оцінки за фенотипом, що стосується запліднюючої здатності, якості сперми та потомства [37]. Ґрунтовна оцінка таких генів, як і їх поліморфізми, можуть забезпечити міцну основу для визначення переваги окремо вибраних кнурів-плідників чи порід свиней перед іншими [22].

Дослідження багатьох учених свідчать, що шлях від спермогенезу до запліднення є складним та контролюється великою кількістю генів, зокрема й актиніном, який бере участь у мембранних змінах під час реакції акросоми, впливаючи на функціональну діяльність сперматозоїдів [39, 24].

Альфа-актинін експресується в тестикулярних, сім'яноканальцевих та еякульованих сперматозоїдах, а також в епітелії сім'яних каналців самця. Встановлено зв'язок гена *ACTN1* з функціональними якостями сперми [15] – відсотком нормальних спермій та концентрацією сперми свиней.

Фолікулостимулюючий гормон – глікопротеїн виробляється передньою часткою гіпофіза. Він має субодиниці α і β , кодовані іншими генами. Субодиниця β є видоспецифічною, вона має біологічну функцію й кодується геном *FSHβ* [34, 30, 32]. Ген *FSHβ*, який знаходиться у другій хромосомі (SSC2) [29], в організмі кнурів регулює окремі стадії спермогенезу, впливає на статеву поведінку та функціонування статевих органів.

Тому метою нашого дослідження було виявити зв'язок генетичної структури кнурів-плідників за генами *ACTN1*, *FSHβ* та описати вплив їх поліморфізму на показники спермопродуктивності та статевої активності окремих генотипів.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання: виявити «бажані» генотипи кнурів-плідників за генам *ACTN1*, *FSHβ* у породах – велика біла, ландрас, миргородська, червона бі-

лопояса, дюрка, п'єтрен та оцінити їхній вплив на окремі показники статевої активності та спермопродуктивності, з метою їх подальшого закріплення у стаді.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом для досліджень були піддослідні свині різних генотипів свиней ДНК-типовані за локусами генів *ACTN1*, *FSHβ*. У дослідях були використані зразки проб крові свиней таких порід: велика біла, миргородська, червона білопояса, ландрас, дюрка, п'єтрен. Експериментальний матеріал досліджували в умовах експериментальної бази та в лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН України.

Гени-кандидати *FSHβ* і *ACTN1* були досліджені на предмет їхнього зв'язку з ознаками якості сперми: об'єм еякуляту, концентрації сперматозоїдів, їхньої рухливості й показники статевої активності кнурів – за часом контакту з фантомом і ерекції, інтенсивністю еякуляції та загальною тривалістю взяття сперми, індексна оцінка генотипів.

Методи досліджень. Молекулярно-генетичні експерименти з виділення ДНК з крові тварин за допомогою реагенту Chelex 100 методом сайт-специфічної полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з подальшим рестриктним аналізом (метод ПЛР-ПДРФ – поліморфізм довжин рестриктних фрагментів [6]. Генотипування за локусами *ACTN1*, *FSHβ* проводили згідно з рекомендаціями [14]. Статистичне опрацювання результатів аналізу здійснено стандартними методами [9].

Оцінку якості свіжо отриманої сперми кнурів виконували згідно з «Інструкцією зі штучного осіменіння свиней» [3] за об'ємом еякуляту, концентрацією сперматозоїдів, активністю (рухливістю) сперматозоїдів, надаючи увагу загальній кількості прямолінійно-рухливих сперматозоїдів.

Визначення типу статевої активності плідників проводили з використанням методики А. В. Федорова [11]. Хронометраж статевих рефлексів здійснювали за допомогою секундоміра. При цьому фіксації підлягали: тривалість прояву рефлексу наближення, контакту з фантомом і ерекція – від початку контакту тварини з фантомом до зорієнтованого результативного стрибка на нього і ерекції; власне еякуляції – від початку до закінчення виділення сперми; загальна тривалість взяття сперми – від початку наближення кнура до фантома та закінчення еякуляції. Інтенсивність еякуляції (мл/с) визначали розрахунком відношення об'єму еякуляту до тривалості рефлексу еякуляції.

Годівля та утримання всіх груп тварин відповідали зоотехнічним нормам і були ідентичними, враховуючи вік, живу масу й фізіологічний стан [7]. Використано концентратний тип годівлі з кормів власного виробництва.

Індивідуальну оцінку спермопродуктивності та статевої активності кнурів різних порід за генами *ACTN1* і *FSHβ* проводили за допомогою індексів [1]:

- спермопродуктивності (Isp):

$$Isp = \frac{V}{\delta} + \frac{C}{\delta_2} + \frac{M}{\delta_3}, \text{ де}$$

V – об'єм еякуляту, мл;

C – концентрація спермій, млрд/мл

M – прямолінійно-поступальна рухливість спермій, %;

δ – середнє квадратичне відхилення показників продуктивності кнурів-плідників.

- статевої активності (Ira):

$$Ira = \frac{T_3}{T_1} + \frac{\delta_3}{\delta_1}, \text{ де}$$

T1 – тривалість контакту плідника з фантомом і ерекція, с;

T3 – загальна тривалість взяття сперми від кнура, с;

δ_1 , δ_3 – середнє квадратичне відхилення облікових ознак T1 і T3;

На основі розрахункового бального індексу визначається чотири типи вищої нервової діяльності (ВНД): 4,3 і вище – сильний врівноважений рухливий тип (СВР), 3,2–4,2 – сильний врівноважений інертний тип (СВІ), 2,1–3,1 – сильний неуврівноважений тип (СН), 0–2 – слабкий тип (С) відповідно до класифікації акад. І. П. Павлова [8].

Результати досліджень та їх обговорення

Одним з основних критеріїв оцінки ефективності відбору кнурів-плідників є проведення інтегрованої

оцінки показників, що найбільш повно розкриває їх подальше використання у стаді свиней. У наших дослідженнях за генами *ACTN1* і *FSHβ* здійснено аналіз взаємозалежності спермопродуктивності та статеві активності плідників з їх генотипами. Аналіз спермопродуктивності плідників за геном *ACTN1* (табл. 1) показав, що кнури генотипу AA мали більший об'єм еякуляту на 28,6 мл (11,8 %, $P \leq 0,05$), ніж їх ровесники генотипу BB, однак поступались особинам з генотипом AB на 52,4 мл (19,3 %). Варто відзначити, що з 14,5 % одержаного еякуляту від кнурів генотипу BB була на 26,2–25,1 % вища концентрація спермій і на 2,5–3,5 % краща їх рухливість. У межах порід високими показниками спермопродуктивності характеризувалися кнури за номерами 18243 (велика біла порода) і 18305 (ландрас), що й підтверджено індексом спермопродуктивності – 21,0 і 23,4 од. відповідно.

1. Спермопродуктивність свиней різних генотипів за геном *ACTN1*

Інд. № кнура	Кількість еякулятів	Генотип кнура	Спермопродуктивність			Ін-декс (Isp)
			об'єм еякуляту, мл	концентрація спермійв, млрд/мл	прямолінійно-поступальна рухливість спермійв, %	
Велика біла						
18611	24	AA	101,0±3,0***	0,269±0,006***	86,2±1,0	9,8
18499	47	AA	214,0±8,0***	0,285±0,003*	90,0±0,2***	11,7
18647	43	AB	438,4±17,0	0,219±0,007	85,3±0,8	19,0
18243	14	AA	190,0±13,9***	0,188±0,009***	82,5±1,1*	21,0
Ландрас						
18221	45	AB	336,9±13,2	0,234±0,003	88,8±0,5	15,6
18305	16	AA	215,6±19,8***	0,211±0,008**	82,2±1,5***	23,4
18313	45	AA	222,4±8,0***	0,287±0,005***	88,1±0,6	12,5
18259	57	AA	213.6±8,1***	0,239±0,005	88,2±0,5	7,9
Миргородська						
641	50	BB	295,0±6,6***	0,291±0,004***	90,2±0,5***	16,1
853	48	AA	231,6±6,9	0,218±0,003	85,4±0,7	8,6
Червона білопояса						
3191	41	AA	257,1±8,4	0,183±0,005	86,2±0,7	10,0
3175	36	BB	196,0±8,4***	0,286±0,005***	89,3±0,6***	11,5
П'єтрен						
43007	24	AB	252,5±11,3	0,201±0,005***	86,9±0,9	18,3
42905	31	AA	244,5±11,5	0,178±0,004	87,4±4,3	12,2
Дюрок						
1161	62	AB	266,2±7,0	0,268±0,006	87,9±0,5	10,1
В середньому по генотипам:	323	AA	271,1±9,7	0,229±0,005	86,2±0,7	13,0
	184	AB	323,5±7,5***	0,231±0,005	87,2±0,7	15,7
	86	BB	242,5±9,6*	0,289±0,004***	89,7±0,5***	13,8

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За повідомленням LIn et al., 2006 [31] отримані асоціації функціонального гена актину (*ACTN1*) з концентрацією сперми, рухливістю, обсягом сперми в еякуляті в порід п'єтрен та гемпшир. В іншому дослідженні істотного впливу гену *ACTN1* на показники якості сперми не спостерігалось, однак доказано зв'язок з репродуктивними якостями плідника [38].

За геном *FSHβ* показники спермопродуктивності і статеві активності плідників отримані подвійні результати (табл. 2). У кнурів великої білої породи виявлено більший об'єм еякуляту (на 89,0–33,7 мл, або у 0,8–4,3 раза), а плідники породи ландрас навпаки поступались за цим показником (на 114,5–123,3 мл, або на 51,5–57,7 %). Результати статистично високо достовірні – $p \leq 0,001$. У середньому ж по оціненим кнурам достовірна різниця встановлена між генотипами за рухливістю спермій ($p \leq 0,05$). Заслуговують на увагу плідники, які є носіями бажаного алелю В: № 18499 і 18647 (велика біла порода), 18313 (ландрас), 3191 (червонобілопоясна), 43007 (п'єтрен) і 1161 (дюрок).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

У дослідженнях [17] генотипи AA і АВ показали кращу якість сперми при більш високій концентрації сперматозоїдів та меншій деформації сперматозоїдів. Також Ishak et al. [23] показали зв'язок генетичної мінливості гена *FSHβ* з ознаками якості сперми. Деякі автори сповістили про асоціацію гену *FSHβ* з розміром гнізда [33] та якістю сперми у свиней. У дослідженнях Wimmers et al. [38] також запропоновано використовувати β-субодиницю *FSHβ* як ознаку кандидата на маркер якості сперми та фертильності кнурів.

На думку Karpiński Wojciech et al. у селекції та розведенні свиней застосування гена *FSHβ* може бути рекомендовано лише в тому разі, якщо значний ефект підтверджується в даній конкретній популяції [25].

2. Спермопродуктивність свиней різних генотипів за геном *FSHβ*

Інд. № кнура	Кількість еякулятів	Генотип кнур	Спермопродуктивність			Індекс (Isp)
			об'єм еякуля- ту, мл	концентрація спермій, млрд/мл	прямолінійно- поступальна рух- ливість спермійв, %	
Велика біла						
18611	24	AA	101,0±3,0	0,269±0,006	86,2±1,0	9,8
18499	47	AB	214,0±8,0***	0,285±0,003*	90,0±0,2***	11,7
18647	43	AB	438,4±17,0***	0,219±0,007***	85,3±0,8	19,0
18243	14	AB	190,0±13,9***	0,188±0,009***	82,5±1,1*	21,0
Ландрас						
18221	45	AA	336,9±13,2	0,234±0,003	88,8±0,5	15,6
18305	16	AB	215,6±19,8***	0,211±0,008**	82,2±1,5***	23,4
18313	45	AB	222,4±8,0***	0,287±0,005***	88,1±0,6	12,5
18259	57	AB	213,6±8,1***	0,239±0,005	88,2±0,5	7,9
Миргородська						
641	50	AA	295,0±6,6***	0,291±0,004***	90,2±0,5***	16,1
853	48	AB	231,6±6,9	0,218±0,003	85,4±0,7	8,6
Червона білопояса						
3191	41	AB	257,1±8,4	0,183±0,005	86,2±0,7	10,0
3175	36	AB	196,0±8,4***	0,286±0,005***	89,3±0,6***	11,5
П'єрен						
43007	24	AB	252,5±11,3	0,201±0,005***	86,9±0,9	18,3
42905	31	AB	244,5±11,5	0,178±0,004	87,4±4,3	12,2
Дюрок						
1161	62	AB	266,2±7,0	0,268±0,006	87,9±0,5	10,1
В середньому по генотипам:	119	AA	244,3±7,5	0,230±0,005	88,4±0,7*	12,8

Примітки: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001.

Важливим показником відтворювальної здатності кнурів є їх статеву активність (лібідо) – характер і ступінь проявлення статевих рефлексів, у результаті яких плідник виділяє сперму. Близько 50 % кнурів вибраковуються при розведенні через ослаблення, або зникнення лібідо, низьку якість сперми, або фізичну недостатність [12].

Результати досліджень статевої активності кнурів різних порід неоднозначні [27, 16, 20]. Як стверджують G. Levis і L. Reicks (2005), не існує стандартної процедури оцінки статевої поведінки кнурів. Вона може бути проведена на основі часу, необхідного для контакту з фантомом, тривалості ерекції, тривалості еякуляції тощо [28].

У дослідженнях, проведених R. Savić; M. Petrović (2015), Hemsworth, P. H. and Tilbrook, A. J. (2007) повідомляється, що на статеву активність кнурів впливають генетичні й паратипові чинники [36, 22], а функції, що пов'язані зі статевою поведінкою плідників, відрізняються й залежать від породи, віку, місця і способу використання та індивідуальних особливостей. Кнури з високим лібідо виділяють найбільшу кількість еякуляту і живих сперматозоїдів при їх високій рухливості.

Дані наших досліджень свідчать, що за геном *ACTN1* кнури генотипу АВ великої білої породи, ландрас і дюрок переважали своїх ровесників генотипу AA за показниками контакту з фантомом і

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

ерекцією на 42,5–55,4 с ($P \leq 0,001$) та інтенсивністю еякуляції відповідно на 0,082–0,313 с, що й підтверджено вищими індексними показниками (2,1–4,2). Водночас кнури миргородської породи швидше (на 96,3 с.) контактували з фантомом і мали коротший період тривалості взяття сперми (на 234 с.)

3. Статева активність кнурів різних популяцій за геном *FSHB*

Інд. № плідника	Генотип кнура	Контакт з фантомом і ерекція, с (T1)	Еякуляція, С (T2)	Загальна тривалість взяття сперми, с (T3)	Інтенсивність еякуляції, мл/с (Ie)	Індекс (Ira)
<i>Велика біла</i>						
18611	AA	141,0±4,6	246,0±18,9	387,0±18,4	0,393±0,04	1,1
18499	AB	154,0±13,6	295,8±20,7	443,8±27,6	0,717±0,06***	2,1
18647	AB	88,0±6,5***	532,5±25,8** *	620,5±26,0***	0,831±0,06***	5,9
18243	AB	110,5±4,3***	337,5±20,7**	448,0±20,5*	0,489±0,02*	2,0
<i>Ландрас</i>						
18221	AA	94,9±9,7	441,2±65,9	536,1±69,9	0,778±0,09	4,4
18305	AB	128,8±8,9*	472,4±62,6	601,2±66,3	0,565±0,04*	2,6
18313	AB	163,5±13,3***	676,5±39,0**	840,0±43,7***	0,314±0,01***	1,6
18259	AB	120,0±7,1*	343,5±12,7	461,5±12,9	0,517±0,02*	2,0
<i>Миргородська</i>						
641	AA	156,5±12,5	492,5±37,4	647,5±30,1	0,593±0,04	2,4
853	AB	60,2±1,9***	353,1±26,7**	413,3±27,5***	0,607±0,05	4,2
<i>Червона білопояса</i>						
3191	AB	129,6±3,5	414,5±20,1	544,1±20,6	0,751±0,04	3,1
3175	AB	196,5±7,0***	457,5±16,3	654,0±19,0***	0,528±0,02***	1,7
<i>П'єстрен</i>						
43007	AB	145,1±4,7	427,7±11,8	572,8±13,7	0,550±0,03	2,2
42905	AB	137,4±7,4	560,5±25,0	692,9±32,0	0,546±0,02	2,7
<i>Дюрок</i>						
1161	AB	80,9±4,1	475,6±41,2	556,5±41,4	0,581±0,06	4,0
В середньому по генотипу	AA	130,8±9,8	393,2±40,7	523,5±39,5	0,588±0,06	2,6
	AB	126,2±8,6	445,6±26,9	570,6±29,3	0,583±0,035	2,8

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Аналіз гаплотипів двох генів ACTN1 і FSHB (табл. 4) показав, що відбір кнурів за їхнім лібідо та спермопродуктивністю буде ефективнішим за субгенотипом ABAA.

4. Спермопродуктивність та статеву активність кнурів за гаплотипом *ACTN1-FSHB*

Показники	Субгенотипи генів ACTN1- FSHB		
	AAAB	ABAB	ABAA
<i>Спермопродуктивність</i>			
об'єм еякуляту, мл	227,9±7,5	293,6±74,6	315,9±20,9
концентрація спермій, млрд/мл	0,230±0,02	0,202±0,09	0,263±0,03
прямолінійно-поступальна рухливість спермій, %	87,0±1,1	84,9±1,3	89,5±0,7
індекс	40,8	50,8	61,8
<i>Статева активність</i>			
контакт з фантомом і ерекція, с	138,9±6,8	114,5±16,6	77,5±17,3
еякуляція, с	443,4±54,1	432,5±56,3	382,1±29,0
загальна тривалість взяття сперми, с	590,8±59,6	574,2±63,8	498,8±37,3
інтенсивність еякуляції мл/с	0,565±0,06	0,616±0,11	0,647±0,13
індекс (Ira)	2,3	4,0	4,3

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За геном *FSHβ* зберігалась така ж тенденція відносно статевої активності різних генотипів кнурів – достовірної різниці між фіксованими показниками не встановлено (табл. 3). Перспективними є плідники № 18647, 18221, 853, 1161 і 3191 з індексами статевої активності відповідно 5,9 од., 4,4 од., 4,2 од., 4,0 од. і 3,1 од. відповідно. При цьому два кнури за типом ВНД відносились до сильного врівноваженого рухливого типу (18647 і 18221), два – до сильного врівноваженого інертного типу (8523 і 1161), 6 – до сильного неуврівноваженого типу і 4 – до слабого типу. Відомо, що для штучного осіменіння найбільш придатні кнури з сильним врівноваженим рухомим і сильним врівноваженим типами нервової діяльності [10].

Порівняно з генотипами АВАВ і АААВ спостерігається збільшення еякуляту на 7,6–38,6 %, концентрації спермій – на 14,3–30,2 %, рухливості спермій – на 2,5–4,6 %, а також вищою статевою активністю за контактом плідника з фантомом і ерекцією на 47,8–79,2 % та інтенсивністю еякуляції – на 5,0–14,5 % [1].

Висновки

Виявлено, що при відборі кнурів-плідників за субгенотипом двох генів *ACTN1-FSHβ* АВАА порівняно з генотипами АВАВ і АААВ спостерігається покращення більшості показників фертильності з високим рівнем достовірності. Результати проведених досліджень свідчать, що для оцінки продуктивних якостей кнурів-плідників доцільно використовувати індекси спермопродуктивності та статевої активності, які дають можливість проводити об'єктивну оцінку племінних якостей кнурів і встановити їх селекційний рейтинг.

Перспективи подальших досліджень направлені на більш глибоке опрацювання можливостей використання зв'язку алельних варіантів локусів *ACTN1* і *FSHβ* з показниками спермопродуктивності, статевої активності з одночасним використанням частки впливу генотипу як завершального етапу встановлення генетичного потенціалу продуктивності кнурів-плідників різних порід.

References

1. Voloshchuk, V. M., Gyria, V. M., & Pohribna, N. M. (2016). Vidbir knuriv-plidnykiv riznykh henotypiv z vykorystannia Indeksiv spermoproduktyvnosti i reflektornoj aktyvnosti. *Visnyk Sums'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: «Tvarynnytstvo»*, 5 (29), 17–22 [In Ukrainian].
2. Zinovyeva, N. A. (2008). Molekulyarno-geneticheskiye metody i ikh ispol'zovaniye v svInovodstve. *Dostizheniye Nauki i Tekhniki APK*, 10, 34–36 [In Russian].
3. *Instruktsiia iz shtuchnoho osimenInnia svynei*. 2003. Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].
4. Kazantseva, N. P., & Marinina, N. P. (2010). Kontrol'noye vyrashchivaniye i otsenka khryakov na elevere. *Sovremennyye problemy Intensifikatsii proizvodstva svInIny v stranakh SNG : sb. nauch. trudov KHVÍÍ mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po svInovodstvu, Ul'yanovsk*, 2, 175–180 [In Russian].
5. Kopylov, K. V., & Vyshnevs'kyi, L. V. (2011). DNK-tekhnologii u seleksii tvaryn. *Henomna selektsiya u tvarynnytsvi: stan ta perspektyvy rozvytku : materialy tvorchoyi dyskusiyi*. Chubyns'ke, Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].
6. Maniatis, T., Frich, E., & Sembruk, Dzh. (1984). *Metody geneticheskoy Inzhenerii. Molekulyarnoye klonirovaniye*. Moskva: Mir [In Russian].
7. Kalashnikov, A. P. (1985). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
8. Pavlov, I. P. (1951). *Dvadtsatiletniy opyt obyektivnogo izucheniya vysshey nervnoy deyatel'nosti (povedeniya) zhivotnykh*. Moskva: Medgiz [In Russian].
9. PlokhInskiy, N. A. (1969). *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov*. Moskva: Kolos [In Russian].
10. Starodubets, O. O., & Bondar, A. O. (2012). Metodychni pidkhody u pryvchanni knuriv do sadky na fantom dlya efektyvnoho vykorystannya yikh pry shtuchnomu osimenInni v umovakh S·HPP "Tekhmet-Yuh" Zhovtnevoho rayonu Mykolayivs'koyi oblasti. *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU: Suchasni Problemy Seleksiyi, Rozvedennya ta Hihiyeny Tvaryn*, 5 (67), 169–173 [In Ukrainian].
11. Fedorov, A. V. (1986). Opredeleniye polovoy domInanty khryakav. *Zhivotnovodstvo*, 5, 52–53 [In Russian].
12. Khlopytskyi, V. P., Narizhnyi, O. H., Zasukha, Y. V., & Hryshchenko, S. M. (2012). Osoblyvosti vykorystannya knuriv za potokovoho vyrobnytstva svynyny. *Naukovy Visnyk Natsional'noho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannya UkrayIny. Ser.: Tekhnologiya Vyrobnnytstva i Pererobky Produktsiyi Tvarynnytsva*, 179, 39–46 [In Ukrainian].

13. Yakovlev, A. F., & Smaragdov, M. G. (2011). Znachitel'noye povysheniye tochnosti otsenki plemennoy tsennosti zhivotnykh v molochnom skotovodstve. *Zootekhnika*, 5, 2–4 [In Russian].
14. Cailu, L. (2005). *Candidate gene analysis for loci affecting sperm quality and fertility of boar: dr. agricultural sci. diss. Bonn*, 216 p. doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.05.023.
15. Casale, A., Camatini, M., Skalli, O., & Gabbiani, G. (1988). Characterization of actin isoforms in ejaculated boar spermatozoa. *Gamete Research*, 20, 133–144. doi: 10.1002/mrd.1120200204.
16. Chukwuemeka O., Avis, J., & Michael E., (2005). Seasonal and genotype variations in libido, semen production and quality in artificial insemination boars. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4, 885–888.
17. Dai, L., Zhao, Z., Zhao, R., Xiao, S., Jiang, H., Yue, X., Li, X., Gao, Y., Liu, J., & Zhang J. (2009). Effects of novel single nucleotide polymorphisms of the FSH beta subunit gene on semen quality and fertility in bulls. *Animal Reproduction Science*, 114 (1–3), 14–22 doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.021.
18. Marques, D. B. D., Bastiaansen, J. W. M., Broekhuijsen, M. L. W. J., Lopes, M. S., Knol, E. F., Harlizius, B., Guimarães, S. E. F., Silva, F. F. & Lopes, P. S. (2018). Weighted single-step GWAS and gene network analysis reveal new candidate genes for semen traits in pigs. *Genetics Selection Evolution*, 50 (1). doi: 10.1186/s12711-018-0412-z.
19. Fan, B., Onteru, S. K., Nikkilä, M. T., Stalder, K. J., & Rothschild, M. F. (2009). Identification of genetic markers associated with fatness and leg weakness traits in the pig. *Animal Genetics*, 40 (6), 967–970. doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01932.x.
20. Frangež, R., Gider, T., & Kosec, M. (2005). Frequency of Boar Ejaculate Collection and its Influence on Semen Quality, Pregnancy Rate and Litter Size. *Acta Veterinaria Brno*, 74 (2), 265–273. doi: 10.2754/avb200574020265.
21. Hemsworth, P. H., & Tilbrook, A. J. (2007). Sexual behavior of male pigs. *Hormones and Behavior*, 52, 39–44 doi: 10.1016/j.yhbeh.2007.03.013.
22. Zhu, H., Yang, H., Zhao, S., Tian, Y., & Su, Y. (2016). Associations of genetic polymorphisms with reproduction and meat quality characteristics in Chinese Hebao pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 97 (2), 183–192. doi: 10.1139/cjas-2015-0205.
23. Ishak, A. B. L., Sumantri, C., Noor, R. R., & Arifiantini, I. (2011). Identification of polymorphism of FSH beta-subunit gene as sperm quality marker in Bali cattle using PCR-RFLP. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 36 (4), 221–227. doi: 10.14710/jitaa.36.4.221-227.
24. Kaewmala, K., Uddin, M. J., Cinar, M. U., Große-Brockhaus, C., Jonas, E., Tesfaye, D., Phatsara, C., Tholen, E., Looft, C., & Schellander, K. (2011). Association study and expression analysis of CD9 as candidate gene for boar sperm quality and fertility traits. *Animal Reproduction Science*, 125 (1–4), 170–179. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.02.017.
25. Kapelański, W., Eckert, R., Jankowiak, H., Mucha, A., Bocian, M., & Grajewska, S. (2013). Polymorphism of ESR, FSH β , RBP4, PRL, OPN genes and their influence on morphometric traits of gilt reproductive tract before sexual maturity. *Acta Veterinaria Brno*, 82 (4), 369–374. doi: 10.2754/avb201382040369.
26. Lai, E. (2001). Application of SNP Technologies in Medicine: Lessons Learned and Future Challenges. *Genome Research*, 11 (6), 927–929. doi: 10.1101/gr.192301.
27. Levis, D. G., Ford, J. J., & Christenson, R. K. (1997). An evaluation of three methods for assessing sexual behavior in boars. *Journal of Animal Science*, 75 (2), 348. doi: 10.2527/1997.752348x.
28. Levis, D. G., & Reicks, D. L. (2005). Assessment of sexual behavior and effect of semen collection pen design and sexual stimulation of boars on behavior and sperm output—a review. *Theriogenology*, 63 (2), 630–642. doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.037.
29. Li, M. D., Macdonald, G. J., Wise, T., & Ford, J. J. (1998). Positive Association between Expression of Follicle-Stimulating Hormone β and Activin β B-Subunit Genes in Boars. *Biology of Reproduction*, 59 (4), 978–982. doi: 10.1095/biolreprod59.4.978.
30. Lin, C. L., Ponsuksili, S., Tholen, E., Jennen, D. G. J., Schellander, K., & Wimmers, K. (2006). Candidate gene markers for sperm quality and fertility of boar. *Animal Reproduction Science*, 92 (3–4), 349–363. doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.05.023.
31. Lin, C. L., Jennen, D. G., Ponsuksili, S., Tholen, E., Tesfaye, D., Schellander, K., & Wimmers, K. (2006). Haplotype analysis of beta-actin gene for its association with sperm quality and boar fertility. *Journal Animal Breed Genetics*, 123 (6), 384–388. doi: 10.1111/j.1439-0388.2006.00622.x.
32. Linville, R. C., Pomp, D., Johnson, R. K., & Rothschild, M. F. (2001). Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine. *Journal of Animal Science*, 79 (1), 60. doi: 10.2527/2001.79160x.

33. Liu, J. J., Ran, X. Q., Li, S., Feng, Y., & Wang, J. F. (2009). Polymorphism In the first Intron of follicle stimulating hormone beta gene In three Chinese pig breeds and two European pig breeds. *Animal Reproduction Science*, 111 (2–4), 369–375. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.03.004.
34. Mellink, C., Lahbib-Mansas, Y., Yerle, M., & Gellin, J. (1995). PCR amplification and physical localization of the genes for pig FSHB and LHB. *Cytogenetic and Genome Research*, 70 (3–4), 224–227. doi: 10.1159/000134039.
35. Gao, N., Chen, Y., Liu, X., Zhao, Y., Zhu, L., Liu, A., Jiang, W., Peng, X., Zhang, C., Tang, Z., Li, X., & Chen, Y. (2019). Weighted single-step GWAS identified candidate genes associated with semen traits In a Duroc boar population. *BMC Genomics*, 20 (1). doi: 10.1186/s12864-019-6164-5.
36. Savić, R., & Petrović, M. (2015). Variability In ejaculation rate and libido of boars during reproductive exploitation. *South African Journal of Animal Science*, 45 (4), 355. doi: 10.4314/sajas.v45i4.1.
37. Tremoen, N. H., Van Son, M., Andersen-Ranberg, I., Grindflek, E., Myromslien, F. D., Gaustad, A. H., & Våge, D. I. (2019). Association between single-nucleotide polymorphisms with candidate genes and fertility In Landrace and Duroc pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61 (1). doi: 10.1186/s13028-019-0493-x.
38. Wimmers, K., Lin, C. L., Tholen, E., Jennen, D. G. J., Schellander, K., & Ponsuksili S. (2005). Polymorphisms In candidate genes as markers for sperm quality and boar fertility. *International Society for Animal Genetics, Animal Genetics*, 36, 152–155. doi: 10.1111/j.1365-2052.2005.01267.
39. Xing, Y., Ren, J., Ren, D., Guo, Y., Wu, Y., & Yang, G. (2009). A whole genome scanning for quantitative trait loci on traits related to sperm quality and ejaculation In pigs. *Anim Reprod Sci.* 114, 210–218. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.008.

Стаття надійшла до редакції 28.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Гиря В. М., Метлицька О. І., Усачова В. Є. МIRONENKO О. І., СЛИНЬКО В. Г. Взаємозв'язок спермопродуктивності та статевої активності кнурів-плідників різних генотипів за генами *ACTN1* і *FSHβ*. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 130–139.

© Гиря Володимир Миколайович, Метлицька Олена Іванівна,
Усачова Валентина Євгенівна, МIRONENKO Олена Іванівна,
СЛИНЬКО Віктор Григорович, 2020



original article | UDC 636.2.034.082 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.16

THE MOST SIGNIFICANT FACTORS OF THE IMPACT ON THE FORMATION AND
REALIZATION OF COW MILK PRODUCTIVITYS. L. Voitenko^{1*}ORCID  [0000-0003-3530-6360](https://orcid.org/0000-0003-3530-6360)I. M. Zelisnyk²ORCID  [0000-0002-1515-0541](https://orcid.org/0000-0002-1515-0541)T. I. Karunna²ORCID  [0000-0001-9290-8961](https://orcid.org/0000-0001-9290-8961)B. S. Shaferivskyi²ORCID  [0000-0001-5742-5016](https://orcid.org/0000-0001-5742-5016)¹ Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M. V. Zubets of NAAS, 1, Pohrebniaka str., Chubynske, Kyiv region, 08321, Ukraine² Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: slvoitenko@ukr.net

Creating a competitive dairy cattle industry not only in Ukraine but also in the world is based on the principles of increasing the genetic potential of livestock by various methods. Milk productivity of cows is considered to be the most objective and economically grounded sign of dairy cattle breeds, considering that the determining the factors, which most significantly influence the formation and realization of dairy cattle productivity can be the basis for the creation of a highly productive herd and competitive breed. The purpose of the research was to find out the influence of natural ecological conditions, lineage, conventional blood relationship as to heredity of Holstein breed and ancestry on the manifestation of milk productivity of Ukrainian black-and-white dairy breed cows. Experimental studies have been carried out on cattle of different lines and origin of the father on breeding and industrial farms of Poltava region. The effectiveness of inclusive crossbreeding was determined by the performance of cows belonging to different genotype groups. It has been established that the natural-ecological conditions of Poltava region provided different manifestation of the realization potential of milk yield of the first lactation cows as different genealogical formations. Daughter offspring of Elevation 1491007, Marshall 2290977 and Chif 1427381 lines were best suited to the environmental conditions of the region, given the average milk productivity indices. It has been recognized that modern industrial technology of milk production contributes to the creation of a consolidated dairy herd concerning milk yields, regardless of the cattle lineage. But even in such conditions, the productivity of livestock can be improved by selection, which is confirmed by the coefficients of sign variation ($C_v = 15.8 \dots 23.9 \%$). It has been found that high half-bred (87.5 % and more) Holstein cows of Ukrainian black-and-white dairy breed were characterized by significantly higher milk productivity during a number of lactations, as compared with those whose conventional blood relationship as to the improved breed made 62.5–87.4 %. At the same time, inclusive crossbreeding did not affect fat content in milk of crossbred cows. It has been determined that, depending on the parentage, milk yield of the first lactation cows varied from 5,847 kg to 8,697 kg with the highest index in the daughters of H. Windbreaker 132449988 and J. A. Ping 61089329 bulls.

Keywords: cows, milk productivity, line, conventional blood relationship as to Holstein breed, inclusive crossbreeding, influence of bull.

НАЙБІЛЬШ ВАГОМІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЮ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ*С. Л. Войтенко¹, І. М. Желізняк², Т. І. Карунна², Б. С. Шаферівський²,*

¹ Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН України, с. Чубинське, Україна

² Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Створення конкурентоспроможної галузі молочного скотарства не лише в Україні, але й світі, ґрунтується на засадах підвищення генетичного потенціалу худоби різними методами. При цьому найбільш об'єктивною й економічно обґрунтованою ознакою продуктивності великої рогатої худоби молочних порід вважається молочна продуктивність корів, зважаючи на ті чинники, які найбільш суттєво впливають на формування і реалізацію молочної продуктивності худоби, що може стати основою для створення високопродуктивного стада та конкурентоздатної породи. Метою досліджень було з'ясувати вплив природно-екологічних умов, лінійної належності, умовної кровності за спадковістю голитинської породи та походження за батьком на прояв молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи. Експериментальні дослідження проведені на худобі різних ліній та походження за батьком у племінних та промислових господарствах Полтавщини. Ефективність вбирного схрещування визначали за продуктивністю корів різних генотипових груп. Встановлено, що природно-екологічні умови Полтавської області забезпечили не однаковий прояв реалізаційного потенціалу надою корів першої лактації як різних генеалогічних формувань, так одних і тих само. Найкраще до умов довкілля цього регіону, з огляду на середні показники молочної продуктивності, пристосовані дочірні нащадки ліній Елевейшна 1491007, Маршала 2290977 і Чіфа 1427381. Визнано, що сучасна промислова технологія виробництва молока сприяє створенню консолідованого за молочною продуктивністю стада, незалежно від лінійної належності худоби. Але й за таких умов продуктивність худоби можна поліпшити через добір, підтвердженням чого слугують коефіцієнти мінливості ознаки ($C_v = 15,8 \dots 23,9 \%$). З'ясовано, що висококровні (87,5 % і більше) за голитинською породою корови української чорно-рябої молочної породи характеризувалися значно вищою молочною продуктивністю за ряд лактацій порівняно з тими, умовна кровність яких за поліпшувальною породою становила 62,5–87,4%. Одночасно з цим, вбирне схрещування не вплинуло на вміст жиру в молоці помісних корів. Визначено, що залежно від походження за батьком, надій корів першої лактації змінювався від 5847 кг до 8697 кг за найвищого показника в дочок бугаїв Х. Віндбрейкер 132449988 та Дж. А. Пінг 61089329.

Ключові слова: корови, молочна продуктивність, лінія, умовна кровність за голитинською породою, вбирне схрещування, вплив бугая.

НАИБОЛЕЕ ВЕСОМЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЮ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ*С. Л. Войтенко¹, И. Н. Желизняк², Т. И. Карунна², Б. С. Шаферивский²,*

¹ Институт разведения и генетики животных имени М. В. Зубца НААН Украины, с. Чубинское, Украина

² Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Изложены результаты исследований влияния природно-экологических условий, линейной принадлежности, происхождения по отцу и условной кровности голитинской породы в формировании молочной продуктивности коров украинской черно-пестрой молочной породы. Установлено, что природно-экологические условия Полтавской области обеспечили не одинаковый реализационный потенциал удоя коров первой лактации как различных генеалогических формирований, так одних и тех же. Доказано влияние современной промышленной технологии производства молока в создании консolidированного по молочной продуктивности стада, независимо от линейной принадлежности скота. Выяснено, что высококровные (87,5 % и более) по голитинской породе коровы характеризовались более высокой молочной продуктивностью по сравнению с теми, условная кровность ко-

торых по улучшающей породе составляла 62,5–87,4 %. Определены быки, коровы дочери которых характеризуются наиболее высокой молочной продуктивностью.

Ключевые слова: коровы, молочная продуктивность, линия, условная кровность голштинской породы, поглотительное скрещивание, влияние быка.

Вступ

Створення конкурентоспроможної галузі молочного скотарства не лише в Україні, але й світі ґрунтується на засадах підвищення генетичного потенціалу худоби різними методами. При цьому найбільш об'єктивно й економічно обґрунтованою ознакою продуктивності великої рогатої худоби молочних порід вважається молочна продуктивність корів.

Наразі на теренах України найбільшої популярності, з огляду на низку біологічних та господарських корисних ознак, має худоба української чорно-рябої молочної породи. Про високий генетичний потенціал худоби цієї породи в різних природно-екологічних регіонах України та через належність тварин до відповідного внутрішньопородного типу повідомляє дуже багато вітчизняних науковців [1–4]. Доведена можливість підвищення надоїв корів до 8000 кг і більше завдяки сучасним методам селекційно-племінної роботи, зважаючи на умовну кровність голштинської породи, лінійної належності тварин, походження за батьком і матір'ю тощо.

У різних стадах та природно-кліматичних регіонах України одержані не однакові дані щодо впливу одних і тих же факторів на продуктивність худоби. Одні дослідники встановили, що сила впливу генотипу на надій корів була в межах 9,8–11,9 % [5], а інші – 5,84–14,61 % [6]. Частина науковців підтверджують значне підвищення молочної продуктивності в корів зі збільшенням умовної кровності за голштинською породою [7], а інші доводять, що підвищення продуктивності характерне для корів з часткою спадковості голштинської породи 87,5 %, а подальше зростання приводить до зниження надоїв [8]. Окремі дослідники доводять, що корови української чорно-рябої молочної породи першої та вищої лактації підвищують молочну продуктивність у разі збільшення частки умовної кровності голштинської породи в їх генотипі до 75 %, а подальше її підвищення призводить до зворотних наслідків [9]. Крім того, визнано, що збільшення умовної кровності за голштинською породою в генотипі тварин у господарствах з низьким рівнем годівлі не дає очікуваних результатів [10].

Численні дослідження свідчать про різний прояв молочної продуктивності тварин одних і тих же, а також різних ліній у неоднакових господарських умовах. Визнано, що в одних господарствах кращими за молочною продуктивністю були дочірні нащадки плідників лінії Елевейшна 1491007, інших – ліній Чіфа 1427381 і Валіанта 1650414, ще інших – Чіфа 142738162 і Елевейшна 1491007 [11–15]. Доведена різна продуктивність худоби одних і тих же ліній у залежності від технології виробництва молока [16, 17]. Зважаючи на це, вбачаємо за доцільне зосереджувати увагу на тих генеалогічних формуваннях, потомки яких в існуючих умовах докільля проявляють найвищий генетичний потенціал продуктивності.

Останні роки ціла низка науковців віддають перевагу добору бугая-плідника для відтворення маточного поголів'я, враховуючи їх позитивного вплив на зростання генетичного прогресу за рівнем молочної продуктивності [18–21]. На поголів'ї худоби української чорно-рябої молочної породи 10 підконтрольних дослідних стада мережі НААН серед 40 проаналізованих бугаїв вітчизняного й зарубіжного походження поліпшувачем визнано бугая Джокуса 113080315, який забезпечив своїм потомкам надій першої лактації на рівні 7884 кг, а вищої – 9143 кг [9].

Висловлюються міркування стосовно невдалого поєднання худоби української чорно-рябої молочної та голштинської порід на фоні низької кормової бази, рівня годівлі тварин, способу вирощування молодняку, застарілої технології виробництва молока тощо [22, 23].

Зважаючи на це, можна стверджувати, що визначення чинників, які найбільш суттєво впливають на формування й реалізацію молочної продуктивності худоби, може стати основою для створення високопродуктивного стада та конкурентоздатної породи, а тому відносяться до актуальних питань сьогодення, які мають практичну цінність.

Метою досліджень було з'ясувати вплив природно-екологічних умов, лінійної належності, умовної кровності за спадковістю голштинської породи та походження за батьком на прояв і реалізацію молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи.

Матеріали і методи досліджень

Оцінку продуктивності худоби української чорно-рябої молочної породи залежно від впливу природно-екологічних умов здійснювали за даними племінного та зоотехнічного обліку суб'єктів пле-

мінної справи у тваринництві Полтавської області. Проаналізовано надій корів першої лактації найбільш розповсюджених ліній голштинської породи племінних стад ТОВ «Агрофірма імені Довженка», ТОВ «Лелюхівське», СТОВ «Перемога», ТОВ «Агрофірма «Маяк», СТОВ «Воскобійники», ТОВ «Промінь-Приват», ПП «імені Калашника», АФ «Перше Травня», ПСП «Майбородівське», СТОВ «АФ «Оржицька», ТОВ «АФ «Пузиківська» та ДП ДГ «Імені 9 січня».

Експериментальні дослідження визначення впливу генотипу, походження за батьком та належності до лінії на молочну продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи проводили в умовах ТОВ «Гоголево» ТОВ «АФ імені Довженко» агрохолдингу «Астарт-Київ». З метою оцінки продуктивності корів різної лінійної належності тварини були розділені за лініями Белла 1667366, Елевейшна 1491007, Маршала 2290977, Старбака 352790 і Чіфа 1427381. Ефективність використання бугаїв-плідників голштинської породи, які найбільш інтенсивно використовувалися в цьому стаді для відтворення маточного поголів'я, вивчали за молочною продуктивністю корів дочок.

Для визначення молочної продуктивності залежно від умовної частки кровності за поліпшувальною породою корови цього стада були розділені на генотипові групи: I – 62,5–74,9 %; II – 75,0–87,4 %; III – 87,5–96,7 % і IV – 96,8 % і більше. Надій корів за 305 днів лактації та вміст жиру в молоці визначали за допомоги використання електронної інформаційної бази підконтрольного стада у форматі СУМС «Інтесел-Орсек» за 2018 рік.

Статистичне опрацювання експериментальних даних здійснено засобами програмного пакету «Statistika 10» на ПК. Результати вважали вірогідними після $P > 0,95$.

Результати досліджень та їх обговорення

Незважаючи на розвиток молочного скотарства та виявлення найбільш важливих чинників впливу на молочну продуктивність корів, актуальним залишається пошук генеалогічних формувань та їх поєднань, які сприяють прояву генетичного потенціалу худоби в конкретних умовах довкілля.

Моніторинг худоби української чорно-рябої молочної породи, яка є однією з найбільш використовуваних на Полтавщині, засвідчив належність переважної більшості корів 12 досліджуваних племінних стад до ліній Валіанта 1650414, Дж. Бесна 5694028588, Елевейшна 1491007, Маршала 2290977, Старбака 352790 і Чіфа 1427381. При цьому для відтворення маточного поголів'я в досліджених племінних стадах найчастіше використовували бугаїв лінії Чіфа, Елевейшна і Старбака (табл. 1). Природньо-кліматичні умови Полтавської області, а також технологія виробництва молока забезпечили різний прояв реалізаційного потенціалу надою корів першої лактації як різних генеалогічних формувань, так одних і тих же.

1. Надій корів української чорно-рябої молочної породи різної лінійної належності у племінних стадах Полтавщини, $M \pm m$

Лінія	n бугаїв	Розряд ПЦ бугаїв	n корів	Надій корів за 305 днів першої лактації, кг	Межі надою корів першої лактації, кг
Валіанта 1650414	5	П4	60	6929±417,05	5683-8194
Дж.Бесна 5694028588	2	П4, П5	172	6487	6413-6524
Елевейшна 1491007	16	П3, П4, П5	477	7332±178,87	5995-8876
Маршала 2290977	9	П4, П5	569	7339±240,59	6008-8514
Старбака 352790	12	П3, П4, П5	436	6945±221,23	5950-8140
Чіфа 1427381	26	П 4, П5, Н+	850	7247±184,93	5110-8470

Встановлено, що середній надій первісток досліджуваних ліній був на рівні 6229–7332 кг, тобто різниця між середніми показниками не така й суттєва – лише 410 кг. Найкраще до умов довкілля цього регіону, з огляду на середні показники по генеалогічному формуванню, пристосовані дочірні нащадки бугаїв-плідників голштинської породи ліній Елевейшна, Маршала і Чіфа, які за 305 днів першої лактації продукували понад 7000 кг молока. Проте оцінка продуктивності корів цих ліній у декількох стадах вказує на значну мінливість ознаки, яка, ймовірно, обумовлювалася не лише походженням тварин. Дочки лінії Елевейшна 1491007 за 305 днів першої лактації в різних господарствах продукували від 5995 кг до 8876 кг, Маршала 2290977, відповідно, 6008–8514 кг і Чіфа 1427381 – 5110–8470 кг. Не були однорідними за досліджуваним показником і потомки інших ліній, але при цьому визнано, що у природно-кліматичних умовах Полтавщини в разі впровадження сучасної прогресивної

технології виробництва молока корови усіх досліджуваних ліній, крім Дж. Бесна 5694028588, здатні продукувати понад 8 тис. кг молока за першу лактацію. Зважаючи на загальновідому тенденцію щодо підвищення надоїв корів з підвищенням віку в лактаціях, від корів української чорно-рябої молочної породи у кращих племінних стадах Полтавщини можна очікувати продуктивності худоби на рівні голштинської породи, але при цьому не варто забувати про добір плідників та підбір батьківської основи саме тих ліній, які забезпечують потомству високу продуктивність, а також створення тваринам комфортних умов для прояву їх генетичного потенціалу.

У контексті продовження вивчення питання впливу лінії на формування молочної продуктивності худоби української чорно-рябої молочної породи, але в умовах промислового господарства, ми провели дослідження в умовах ТОВ «Гоголево» Полтавської області, де впроваджена потоково-цехова технологія виробництва молока, безприв'язне утримання корів, їх доїння в доїльній залі, годівля за раціонами, збалансованими за вмістом енергії та протеїну в сухій речовині.

Наші дослідження свідчать, що корови української чорно-рябої молочної породи ліній Белла 1667366, Елевейшна 1491007, Маршала 2290977, Старбака 352790 і Чіфа 1427381, характеризувалися незначною різницею надою за 305 днів першої лактації. За середніх показників продуктивності корів досліджуваних ліній на рівні 7493–7913 кг, найнижчий надій першої лактації мали представниці лінії Старбака 352790 – 7493±164,5 кг молока, а найвищий – лінії Елевейшна 1491007, відповідно – 7913±177,5 кг (табл. 2). Тобто різниця між коровами найбільш продуктивної та найменш продуктивної лінії в цьому стаді становила лише 420 кг за невірогідної різниці між тваринами досліджуваних генеалогічних формувань.

2. Надій корів української чорно-рябої молочної породи різної лінійної належності за умови промислової технології виробництва молока, $M \pm t$

Лінія	n	Надій, кг	Cv, %
Белла 1667366	18	7518 ± 279,7	15,8
Елевейшна 1491007	87	7913 ± 177,5	20,9
Маршала 2290977	117	7826 ± 151,7	21,0
Старбака 352790	119	7493 ± 164,5	23,9
Чіфа 1427381	192	7551 ± 105,3	19,3

На підставі чого зроблений висновок, який узгоджується з поглядами багатьох науковців, що прогресивна технологія виробництва молока нівелює вплив лінії на молочну продуктивність корів, формуючи консолідовану за основною селекційною ознакою популяцію. Варто також зазначити, що в кожній з досліджуваних ліній, особливо Елевейшна, Маршала і Старбака є додаткові можливості поліпшити показники молочної продуктивності корів методами добору, підтвердженням чого слугують коефіцієнти мінливості ознаки ($Cv=15,8 \dots 23,9 \%$).

Зважаючи на те, що крім належності до лінії на молочну продуктивність худоби впливає й спадковість вихідних порід і що серед наукової спільноти донині немає єдиного погляду щодо бажаної частки умовної кровності поліпшувальної породи в генотипі тварин молочних порід вітчизняного походження, вбачалося за доцільне вивчити молочну продуктивність помісних корів з різною спадковістю голштинської породи та визначити ефективність вбирного схрещування.

Ми довели, що в умовах промислового господарства в разі використання прогресивної технології виробництва молока надій помісних корів першої – третьої лактації збільшувався з підвищенням умовної кровності за голштинською породою. При цьому корови I групи, маючи надій першої лактації на рівні 6064±647,9 кг молока, поступалися особинам II групи на 1242 кг, III групи – 1638 кг і IV групи – 1704 кг (табл. 3). Найбільш висококровні за голштинською породою корови за надоєм першої лактації достовірно ($P>0,999$) перевищували первісток першої групи. З огляду на це при доборі корів за результатами першої лактації доцільно акцентувати увагу на введення до стада тих первісток, які у своєму генотипі мають не менше 87,5 % умовної кровності за голштинською породою.

3. Надій корів залежно від генотипу, $M \pm t$

Лактація	Генотипові групи			
	I	II	III	IV
Перша	6064 ± 647,9	7306±193,7	7702±82,4	7768±68,3***
Друга	7404±499,7	8249±227,5	9232±121,9	9258±106,9**
Третя	–	8982±362,4	9287±215,3	9494±192,5

Примітки: ** – $P>0,99$ (четверта група по відношенню до другої); *** – $P>0,999$ (четверта група по відношенню до першої).

Оцінка помісних корів другої лактації підтвердила тенденцію, встановлену за першу лактацію: чим вища умовна кровність голштинської породи в генотипі корів, тим вище їх молочна продуктивність. Різниця між низькокровними та найбільш висококровними тваринами (I і IV групи) становила 1854 кг. За третю лактацію найвищий надій молока – 9494±192,5 кг одержано від помісних корів з умовною кровністю голштинської породи понад 96,8 %, засвідчуючи ефективність вбирного схрещування практично до повного поглинання вихідного материнського матеріалу. Не менш важливий показник молочної продуктивності корів, а саме – жирномолочність, у наших дослідженнях не мав достовірної різниці між групами, перебували в середньому на рівні 3,85–3,94 %.

Для визначення впливу ще одного генотипового чиннику на формування молочної продуктивності корів, а саме – походження за батьком, ми провели оцінку продуктивності корів дочок 15 бугаїв-плідників голштинської породи, які залишили найбільшу кількість потомства у стаді ТОВ «Гоголево». Надій корів першої лактації змінювався від 5847 кг до 8697 кг (табл. 4).

4. Надій корів української чорно-рябої молочної породи залежно від походження за батьком, $M \pm t$

Кличка та № бугая	n	Надій корів першої лактації, кг	Вміст жиру в молоці, %
Б. Е. Кенні 63285238	43	7876±198,4	3,88±0,04
Б. Патч 61980169	72	7190±145,6	3,83±0,03
В. Б. Секвойя 64188829	17	7757±395,2	3,83± 0,04
В. В. Аллегро 13120690	11	5847±420,5***	3,69±0,14
Г. Б. Шотгун 103939456	16	8122±341,7	3,82±0,08
Д. Фрості 131520543	26	7891±377,2	3,84±0,04
Дж. А. Пінг 61089329	10	8274±303,1	3,80±0,08
Л. Марселлюс 136057831	34	7377±235,8	3,86±0,02
П. Гілмор 137244467	10	7703±527,1	3,87±0,10
Р. Поттер 62564884	18	7551±242,6	3,81±0,05
Рексфорд 135644455	10	6910±517,7*	4,01±0,04
С. Д. Ларіат 62398865	39	7585±275,2	3,88±0,03
С. Стінг 7876687	26	7365±360,1	3,86±0,07
Х. Віндбрейкер 132449988	19	8697±247,4	3,74±0,09
Х. Пеппер 134904913	10	73934±410,5	3,66±0,03***

Примітки: * – $P > 0,95$; *** – $P > 0,999$ найменше значення ознаки до найбільшої.

При цьому дочки плідників В. В. Аллегро і Рексфорда за першу лактацію продукували найменшу кількість молока, що на 2850 кг ($P > 0,999$) та 1787 г ($P > 0,95$) менше порівняно з дочірніми нащадками бугая Х. Віндбрейкера, який є лідером у стаді, і дещо менше – решти досліджуваних плідників. Прогресивна технологія виробництва молока в сумі зі спадковістю бугаїв-плідників Б. Е. Кенні, Б. Патча, В. Б. Секвойя, Д. Фрості, Л. Марселлюса, П. Гілмора, Р. Поттера, С. Д. Ларіата, С. Стінга і Х. Пеппера забезпечили коровам-дочкам реалізаційний потенціал надою за 305 днів першої лактації понад 7000 кг молока, а Дж. А. Пінга і Х. Віндбрейкера – 8000 кг. Тобто прогресивна технологія виробництва молока, яка впроваджена в господарстві, в сумі з підбором бугая для відтворення стада сприяли високому прояву молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи. Дещо нижчу продуктивність дочок бугаїв В.В.Аллегро і Рексфорда за першу лактацію можна пояснити невіддалою поєднуваністю материнської та батьківської основи, а також племінною цінністю плідників. Зважаючи на що, для подальшого прогресу стада за молочною продуктивністю потрібно використовувати бугаїв-поліпшувачів голштинської породи, оцінених за потомством, а також брати до уваги їхню поєднуваність з коровами, потенційними матерями майбутнього потомства.

Висновки

У природно-екологічних умовах Полтавщини найвищий реалізаційний потенціал молочної продуктивності, незалежно від технології виробництва молока, мали дочірні нащадки ліній Елевейшна 1491007, Маршала 2290977 і Чіфа 14227381, які за першу лактацію продукували понад 7000 кг молока, що потрібно врахувати для поліпшення молочної продуктивності худоби в різних господарствах регіону. Прогресивна технологія виробництва молока нівелює вплив лінії на молочну продуктивність корів, формуючи консолідовану за основною селекційною ознакою популяцію. Доведено ефектив-

ність вбирного схрещування української чорно-рябої молочної породи голштинською породою, підтвердженням чого слугує молочна продуктивність помісних корів, які за першу-третю лактацію збільшували надій з підвищенням умовної кровності за голштинською породою. Виявлено істотний вплив походження за батьком на формування молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи. Найвищим надосм першої лактації у разі використання прогресивної технології виробництва молока характеризувалися корови дочки бугаїв Х. Віндбрейкера, Дж. А. Пінга, Б. Е. Кенні, Б. Патча, В. Б. Секвойя, Д. Фрості, Л. Марселлюса, П. Гілморе, Р. Поттера, С. Д. Ларіата, С. Стінга і Х. Пеппера. Зважаючи на цей чинник, це чинника позитивно впливатиме на поліпшення генетичного потенціалу худоби за молочною продуктивністю.

References

1. Iefimenko, M. Ya., Kovalenko, H. S., & Polupan, Yu. P. (2008). Pivdenniy vnutriporodnyi typ ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 42, 74–82 [In Ukrainian].
2. Liubynskyi, O. I. (2016). Seleksiina otsinka vysokoproduktyvnykh koriv bukovynskoho zavodskoho typu ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho*, 18 (2 (67)), 134–137 [In Ukrainian].
3. Voitenko, S. L., Petrenko, M. O., Shaferivskyi, B. S., & Zhelizniak, I. M. (2017). Molochna produktyvnist ta vidtvorna zdatsnist koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody Poltavshchyny. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 5/1 (31), 36–44 [In Ukrainian].
4. Novak, I. V., Fedorovych, V. V., & Fedorovych, Ye. I. (2013). Seleksiino-henetychni faktory formuvannia molochnoi produktyvnosti u koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1, 62–68 [In Ukrainian].
5. Novak, I. V., Fedorovych, V. V., & Fedorovych, Ye. I. (2009). Molochna produktyvnist koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho*, 11, (3 (42)), 306–309 [In Ukrainian].
6. Fedorovych, Ye. I., & Siratskyi, Y. Z. (2004). *Zakhidnyi vnutrishno porodnyi typ ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody: hospodarsko-biolohichni ta seleksiino-henetychni osoblyvosti*. Kyiv: Naukovyi svit [In Ukrainian].
7. Pelekhatyi, M. S., & Piddubna, L. M. (2013). Henezys chorno-riaboi molochnoi khudoby u vidkrytii porodnii populatsii. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1 (35), 3–33 [In Ukrainian].
8. Shcherbatyi, Z. Ye., Pavliv, B. A., & Bodnar, P. V. (2010). Konsolidovanist stad ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody zalezno vid chastky spadkovosti holshtynskoi porody. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho*, 12 (3 (45)), 156–162 [In Ukrainian].
9. Sydorenko, O. V., Voitenko, S. L., & Porkhun, M. H. (2020). *Rezultaty otsinky velykoi rohatoi khudoby plemynnykh stad doslidnykh hospodarstv merezhi NAAN ta rekomendatsii shchodo vedennia plemynnoi spravy u molochnomu skotarstvi*. Poltava: Astraia [In Ukrainian].
10. Sotnichenko, Yu. M., & Protskiv, I. M. (2009). Efektyvnist seleksii ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody za typom vbyrnoho skhreshchuvannia. *Visnyk Cherkaskoho Instytutu Ahropromyslovoho Vyrobnystva*, 9, 32–37 [In Ukrainian].
11. Bazyshyna, I. V. (2017). Formuvannia hospodarsky korysnykh oznak molochnoi khudoby zalezno vid pokhodzhennia za batkom, liniu ta sporidnenoi hrupy. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 53, 69–78 [In Ukrainian].
12. Fyl, S. I., Fedorovych, Ye. I., & Bodnar, P. V. (2019). Dynamika molochnoi produktyvnosti koriv riznykh liniu. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 57, 136–142. doi: 10.31073/adg.57.16 [In Ukrainian].
13. Didkivskyi, A. M., Omelkovych, S. P., & Koberniuk, V. V. (2014). Vplyv liniinoi nalezhnosti na produktyvni yakosti koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2/1 (24), 39–42 [In Ukrainian].
14. Poslavska, Yu. V., & Fedorovych, Ye. I. (2015). Molochna produktyvnist koriv riznykh liniu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho*, 17 (1 (61)), 156–161 [In Ukrainian].
15. Pavlova, T. V., Martynov, A. V., & Kazarovets, N. V. (2013). Milk productivity daughters of bulls of different selection to herd RDUP "ZhodinoAgroplemElita". *Miedzynarodowa konferencja naukowanowacyyjnos badan w naukach o zwierzetach*. Krakow.
16. Voytenko, S. L., & Zhelizniak, I. N. (2019). Effektivnost proizvodstva moloka v zavisimosti ot

lineynoy prinaladnosti i sposoba soderjaniya korov. *Zootehnicheskaya Nauka Belarusi*, 54, 148–155 [In Belarus].

17. Voitenko, S. L., & Zhelizniak, I. M. (2019). Nadii koriv u zalezhnosti vid liniinoi nalezhnosti ta sposobu utrymannia. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 57, 38–44. doi: 10.31073/adg.57.05 [In Ukrainian].

18. Bohach, D. V., & Liubynskyi, O. I. (2013). Molochna produktyvnist koriv, oderzhanykh vid riznykh buhaiv podilskoho zavodskoho typu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu: Seriiia «Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktii Tvarynnystva»*, 21, 28–29 [In Ukrainian].

19. Koval, T. P. (2017). Buhai-plidnyky ta yikh vplyv na hospodarsky korysni oznaky koriv napivsester za batkom. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 53, 124–129 [In Ukrainian].

20. Radchenko, N. P., Skliarenko, Yu. I., Bratushka, R. V., & Cherniavska, T. O. (2010). Otsinka buhai-plidnykiv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi ta holshtynskoi porid, yakykh vykorystovuvaly dlia stvorennia sumskoho vnutrishnoporodnoho typu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktii Tvarynnystva*, 3 (72), 76–80 [In Ukrainian].

21. Ferents, L. V. (2017). Vidtvoriuvalna zdattist ta molochna produktyvnist koriv zalezho vid plemynnoi tsinnosti yikh batkiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii imeni S. Z. Hzhyskoho*, 19 (74), 48–51 [In Ukrainian].

22. Artyuhina, I. N., & Grinenko, O. A. (2001). Effektivnost golshtinizatsii cherno-pestrogo skota. *Zootehniya*, 5, 4–6 [In Russian].

23. Havrylenko, M. (2007). Faktory, yaki vplyvaiut na kilkist i yakist moloka. *Propozytsiia*, 10, 66–67 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 02.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Войтенко С. Л., Желізняк І. М., Карунна Т. І., Шаферівський Б. С. Найбільш вагомі фактори впливу на формування та реалізацію молочної продуктивності корів. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 140–147.

© Войтенко Світлана Леонідівна, Желізняк Іван Миколайович,
Карунна Тетяна Іванівна, Шаферівський Богдан Сергійович, 2020



original article | UDC 636.09.32/.38:616.99 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.17

THE COURSE OF TRICHURIASIS AS PARASITOSIS OF SHEEP DIGESTIVE SYSTEM

N. M. Soroka

ORCID  [0000-0003-4659-6666](https://orcid.org/0000-0003-4659-6666)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine

E-mail: 5278823@ukr.net

Sheep farming in most countries of the world, including Ukraine, occupies a special place among livestock farming industries and is a supplier of such products as mutton and wool. Sheep are characterized by good breeding qualities, high reproductive capacity and adaptive properties. Parasitic diseases are one of the factors hindering the development of sheep farming. Among their diversity, one of the leading places is occupied by nematodosis of the animals' digestive system, including trichuriasis, which can occur in the form of associative invasions. The studies were conducted at the Laboratory of the Department of Parasitology and Tropical Veterinary Medicine of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine and on private farms of Kyiv region. A total of 258 coproovoscopic studies of sheep were conducted. According to the results of parasitological studies, it was found that sheep trichuriasis is a common invasion on the territory of individual farms in Kyiv region, with an average invasion intensity of 35.7 %. Trichurises were found to be parasitizing mainly in the digestive canal in the form of associative invasions (69.6 %). Nematodes (strongyloideses, strongylates of the digestive system) and cestodes (moniezes) were the main co-members of trichurises. Two-component mixed invasions (65.6 %) were most often diagnosed in case of sheep trichuriasis, and three-component associative invasions were detected less frequently (34.4 %). 5 varieties of mixed invasions were revealed in sheep infected with trichuriasis causal agent. As to two-component associative invasions, simultaneous parasitizing of trichurises and strongylates in the digestive system (31.3 %), trichurises and moniezes (23.4 %), as well as trichurises and strongyloideses (10.9 %) was detected. Of the three-component mixed invasions, the simultaneous parasitizing of trichurises, moniezes, and strongylates of the digestive system was most commonly diagnosed (21.9 %). Trichuriasis-strongylosis-strongylatosis mixed invasion made a smaller proportion (12.5 %). The obtained data on the associative course of sheep trichuriasis together with nematodosis and cestodosis of the digestive system will enable to choose the correct anti-helminthic preparations, which will increase the effectiveness of preventive measures.

Key words: trichuriasis, sheep, mixed invasions, helminthiases, forms of the course.

ПЕРЕБІГ ТРИХУРОЗУ ЯК ПАРАЗИТОЗУ ОРГАНІВ ТРАВЛЕННЯ ОВЕЦЬ

Н. М. Сорока,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Вівчарство в багатьох країнах світу, зокрема в Україні, посідає особливе місце серед галузей тваринництва і є постачальником таких видів продукції, як баранина й вовна. Вівці мають гарні селекційні якості, високу відтворювальну здатність та пристосувальні властивості. Одним з факторів, що гальмує розвиток вівчарства, є паразитарні захворювання. Серед їх різноманіття одне з провідних місць посідають нематодози органів травлення тварин, зокрема трихуроз, що може перебігати як асоціативні інвазії. Дослідження виконували на базі лабораторії кафедри паразитології та тропічної ветеринарії Національного університету біоресурсів і природокористування України

та в умовах приватних господарств Київської області. Всього проведено 258 копроовоскопічних досліджень овець. Результати проведених паразитологічних досліджень свідчать, що трихуроз овець є поширеною інвазією на території окремих господарств Київської області, середня екстенсивність інвазії становить 35,7 %. З'ясовано, що трихуриси паразитують переважно у складі гельмінтозів травного каналу овець як асоціативні інвазії (69,6 %). Основні співчлени трихурисів – це нематоди (стронгілоїдеси, стронгіляти органів травлення) та цестоди (монієзії). У разі трихурошу овець найчастіше діагностували двокомпонентні мікстинвазії (65,6 %), рідше виявляли трикомпонентні асоціативні інвазії (34,4 %). У інвазованих збудником трихурошу овець виявлено 5 різновидів мікстинвазій. З двокомпонентних асоціативних інвазій виявлено одночасне паразитування трихурисів і стронгілят органів травлення (31,3 %), трихурисів і монієзій (23,4 %), а також трихурисів і стронгілоїдесів (10,9 %). З трикомпонентних мікстинвазій найчастіше діагностовано одночасне паразитування трихурисів, монієзій і стронгілят органів травлення (21,9 %). Меншу частку становила трихурозно-стронгілоїдозно-стронгілятозна мікстинвазія (12,5 %). Отримані дані щодо асоціативного перебігу трихурошу овець разом з нематодозами та цестодозами органів травлення дають змогу правильно підібрати антигельмінтні препарати, що підвищить ефективність превентивних заходів.

Ключові слова: трихуроз, вівіці, мікстинвазії, гельмінтози, форми перебігу.

ТЕЧЕНИЕ ТРИХУРОЗА КАК ПАЗАРИТОЗА ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ ОВЕЦ

Н. М. Сорока,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Проведенные исследования доказывают, что трихуроз овец является распространенной паразитарной болезнью на территории хозяйств Киевской области, средняя экстенсивность инвазии составляет 35,7 %. Выяснено, что трихурисы паразитируют у овец преимущественно в составе гельминтозов пищеварительного тракта в виде ассоциативных инвазий (69,6 %). Основными сочленами трихурисов были нематоды (стронгилоидесы, стронгиляты органов пищеварения) и цестоды (мониезии). При трихурозе овец чаще диагностировали двухкомпонентные микстинвазии (65,6 %), реже – трехкомпонентные ассоциативные инвазии (34,4 %). У инвазированных возбудителем трихурошу овец выявлено 5 разновидностей микстинвазий. Из двухкомпонентных ассоциативных инвазий чаще выявляли одновременное паразитирование вместе с трихурисами стронгилят (31,3 %) и мониезий (23,4 %), а с трехкомпонентных – трихурисов, мониезий и стронгилят (21,9 %).

Ключевые слова: трихуроз, овцы, микстинвазии, гельминтозы, формы течения.

Вступ

В умовах сучасного ринку вівчарство може бути однією з конкурентних галузей тваринництва, оскільки дає різноманітну продукцію: баранину, вовну, смушки, шкіри, молоко. Вівці добре пристосовані до умов зовнішнього середовища, мають міцну конституцію, невибагливі до кормів. Ці тварини мають набагато вищі темпи відтворення порівняно з великою рогатою худобою, оскільки характеризуються прискореним оборотом стада та високою плодючістю. Також відомо, що вироби з овечої вовни мають цінні гігієнічні властивості, оскільки не можуть бути повністю замінені синтетичними волокнами [1–5].

У численних роботах вітчизняних і зарубіжних учених ідеться про значне поширення трихурошу овець та доведено значний економічний збиток, що завдає інвазія, яка може перебігати як мікстинвазія. Тривале паразитування як самих трихурисів, так і кількох їх видів одночасно призводить до глибоких і стійких порушень обміну речовин, які проявляються відставанням у рості, втратою маси тіла, продуктивності, зниженням племінних якостей, іноді в разі високої інтенсивності інвазії, і загибелі хворих овець [6–10].

На території Ефіопії екстенсивність ураження овець збудником трихурошу становила 5 % [11]. Одночас у Судані трихуроз діагностовано у 27 % досліджуваних овець, де трихуриси частіше перебігали в асоціації зі збудниками гельмінтозів травного каналу [12]. На території Республіки Білорусь показники ЕІ у разі трихурошу овець коливалися в межах від 7,97 до 12,69 % [13].

В Україні епізоотологічна ситуація щодо трихурошу овець описана в окремих наукових працях. Наприклад, на території Сумської області виявлено паразитування трихурисів у овець з ЕІ на рівні

6,3 % та II – 4 яєць/г [14]. У господарствах Дніпропетровської області екстенсивність інвазії овець у разі трихуридозу становила 3,7 % [15].

У науковій літературі є повідомлення щодо асоціативного перебігу трихуридозу разом з нематодозами (стронгілоїдозом, стронгілятозами органів травлення, скрябінемозом) та цестодозами (монієзіозом) овець [16, 17].

Зважаючи на вищенаведене, метою наших досліджень було встановити особливості перебігу трихуридозу у складі паразитозів шлунково-кишкового каналу овець. Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі: визначити форми перебігу трихуридозу овець; встановити склад збудників – співчленів *Trichuris* spp. у разі мікстінвазій.

Матеріали і методи досліджень

Роботу виконували упродовж 2019 року в лабораторії кафедри паразитології та тропічної ветеринарії Національного університету біоресурсів і природокористування України та в умовах приватних вівцегосподарств Київської області.

За умови паразитологічного обстеження поголів'я основним показником ураження овець збудником трихуридозу та іншими гельмінтами була екстенсивність інвазії (EI, %). Гельмінтоовоскопію проб фекалій проводили за методом Мак-Мастера.

Визначення видової належності яєць гельмінтів проводили за допомогою атласів диференціальної діагностики гельмінтозів А. А. Черепанова (1999) [18], В. Ф. Галат і ін. (2009) [19]. Усього проведено 258 копроовоскопічних досліджень овець.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень встановлено, що трихуридоз овець є поширеною інвазією на території господарств Київської області. Середня екстенсивність інвазії у разі трихуридозу становила 35,7 %. Водночас виявлено, що трихуриси паразитують у овець переважно у складі гельмінтозів травного каналу як інвазії (69,6 %). Моноінвазії реєстрували у 30,4 % поголів'я (від загальної кількості хворих на трихуридоз овець) (рис. 1).

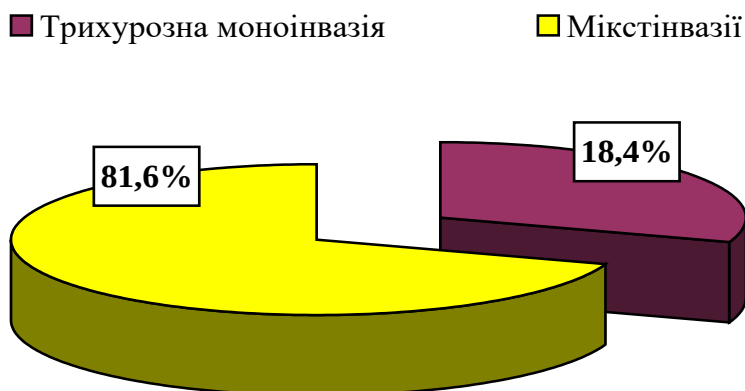


Рис. 1. Відсоткове співвідношення трихуридної моноінвазії та трихурисів у складі мікстінвазій овець

Основними співчленами асоціативних інвазій були трихуриси та стронгілоїдеси, стронгіляти органів травлення, монієзії.

У разі трихуридозу овець найчастіше діагностували двокомпонентні мікстінвазії (65,6 %). Рідше виявляли трикомпонентні асоціативні інвазії (34,4 %) (рис. 2).

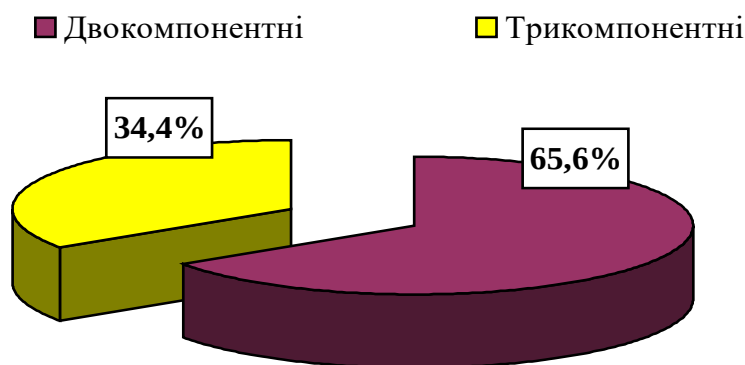


Рис. 2. Трихуроз у складі мікстинвазій овець

Загалом у досліджуваних овець господарств Київської області виявлено 5 різних видових комбінацій трихурисів зі збудниками гельмінтозів травного каналу. З двокомпонентних мікстинвазій виявляли такі: трихуриси і стронгіляти органів травлення (31,3 %), трихуриси й монієзії (23,4 %), а також трихуриси і стронгілоїдеси (10,9 %). З трикомпонентних мікстинвазій діагностовано: трихуриси, монієзії і стронгіляти органів травлення (21,9 %) та трихуриси, стронгілоїдеси і стронгіляти органів травлення (12,5 %), (рис. 3, табл.).

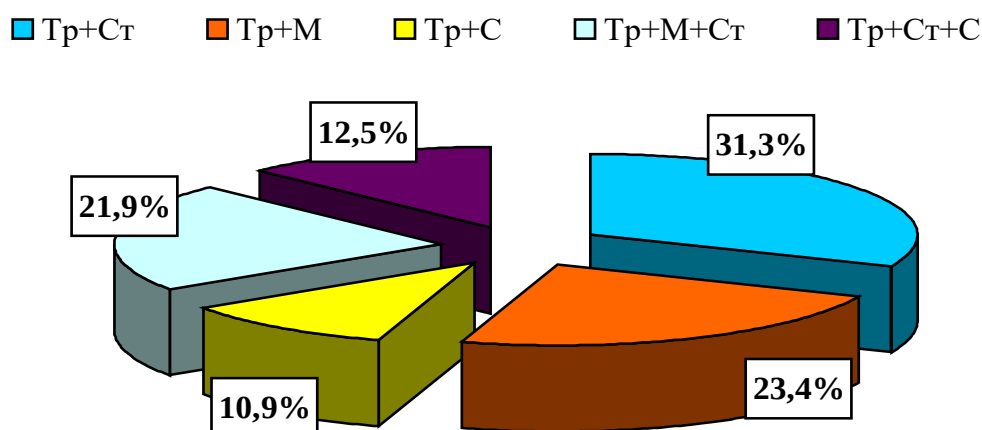


Рис. 3. Видовий склад мікстинвазій овець: Tr – трихуриси, Ст – стронгіляти органів травлення, С – стронгілоїдеси, М – монієзії

Поширення трихурозу у складі мікстинвазій органів травлення овець

Мікстинвазії	Уражено овець (голів)	%
Двокомпонентні, у т.ч.:	42	65,6
трихуриси + стронгіляти органів травлення	20	31,3
трихуриси + монієзії	15	23,4
трихуриси + стронгілоїдеси	7	10,9
Трикомпонентні, у т.ч.:	22	34,4
трихуриси + монієзії + стронгіляти органів травлення	14	21,9
трихуриси + стронгілоїдеси + стронгіляти органів травлення	8	12,5
Усього	64	100,0

Отже, знання особливостей епізоотичного процесу у разі гельмінтозів тварин є запорукою успішних превентивних заходів, зокрема й у разі трихуридоз овець [20, 21]. Про значне поширення трихуридоз овець в окремих країнах світу свідчать наукові роботи багатьох дослідників [11–13]. Водночас на території України особливості перебігу трихуридоз овець описані лише в окремих наукових працях [14, 15]. Результати проведених досліджень свідчать, що трихуридоз овець є поширеною інвазією в господарствах Київської області, де екстенсивність інвазії становила 35,7 %. Причому трихуриси паразитують переважно у складі гельмінтозів травного каналу овець як інвазії (69,6 %), де основними співчленами трихурисів у разі мікстинвазій були стронгілоїдеси, стронгіляти органів травлення, монієзії. Усього в овець виявлено 5 різних видових комбінацій трихурисів зі збудниками гельмінтозів травного каналу. Найчастіше діагностували двокомпонентні мікстинвазії (65,6 %). Рідше виявляли трикомпонентні асоціативні інвазії (34,4 %). Отримані дані узгоджуються з результатами окремих дослідників, які реєстрували асоційований перебіг трихуридоз разом з нематодозами та цестодозами шлунково-кишкового каналу овець [16, 17].

Висновки

Доведено, що трихуридоз є поширеною нематодозною інвазією овець в умовах господарств Київської області, де середня екстенсивність інвазії становила 35,7 %. З'ясовано, що трихуридоз овець частіше перебігає у складі мікстинвазій (69,6 %). Найбільш поширеними (65,6 %) є двокомпонентні асоціації трихурисів зі збудниками гельмінтозів шлунково-кишкового каналу овець. Основними співчленами двокомпонентних мікстинвазій у разі трихуридоз овець є нематоди ряду *Strongylata*, виду *Strongyloides papillosus* та цестоди *Moniezia* spp.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується вивчення впливу різних збудників мікстинвазій на гематологічні показники заражених овець.

References

1. Kenfo, H., Mekasha, Y., & Tadesse, Y. (2018). A study on sheep farming practices in relation to future production strategies in Bensa district of Southern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 50 (4), 865–874. doi: 10.1007/s11250-017-1509-z.
2. Munoz, C. A., Campbell, A. J. D., Hemsworth, P. H., & Doyle, R. E. (2019). Evaluating the welfare of extensively managed sheep. *PLOS One*, 14 (6), e0218603. doi: 10.1371/journal.pone.0218603.
3. Alarcon, P., Fèvre, E. M., Murungi, M. K., Muinde, P., Akoko, J., Dominguez-Salas, P., Kiambi, S., Ahmed, S., Häslar, B., & Rushton, J. (2017). Mapping of beef, sheep and goat food systems in Nairobi – A framework for policy making and the identification of structural vulnerabilities and deficiencies. *Agricultural Systems*, 152, 1–17. doi: 10.1016/j.agsy.2016.12.005.
4. Ben Chehida, F., Ayari-Fakhfakh, E., Caufour, P., Amdouni, J., Nasr, J., Messaoudi, L., Haj Ammar, H., Sghaier, S., Bernard, C., Ghram, A., & Cêtre-Sossah, C. (2018). Sheep pox in Tunisia: Current status and perspectives. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65 (1), 50–63. doi: 10.1111/tbed.1265.
5. Llonch, P., King, E. M., Clarke, K. A., Downes, J. M., & Green, L. E. (2015). A systematic review of animal based indicators of sheep welfare on farm, at market and during transport, and qualitative appraisal of their validity and feasibility for use in UK abattoirs. *Veterinary Journal*, 206 (3), 289–97. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.10.019.
6. Salaba, O., Rylková, K., Vadlejch, J., Petrtyl, M., Schánková, S., Brožová, A., Jankovská, I., Jebavý, L., & Langrová, I. (2013). The first determination of *Trichuris* sp. from roe deer by amplification and sequenation of the ITS1-5.8S-ITS2 segment of ribosomal DNA. *Parasitology Research*, 112 (3), 955–960. doi: 10.1007/s00436-012-3215-0.
7. Umur, Ş.; & Yukari, B. A. (2005). An Abattoir Survey of Gastro-Intestinal Nematodes in Sheep in the Burdur Region, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29 (5), 1195–1201.
8. Almalaik, A. H. A., Bashar, A. E., & Abakar, A. D. (2008). Prevalence and Dynamics of Some Gastrointestinal Parasites of Sheep and Goats in Tulus Area Based on Post-Mortem Examination. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3, 390–399. doi: 10.3923/ajava.2008.390.399.
9. Bratanov, V., & Enchev, S. (1977). Pathomorphological studies of trichocephaliasis in sheep. *Veterinarno-Medicinski Nauki*, 14 (9), 86–94.
10. Iliev, P. T., Ivanov, A., Kirkova, Z., Hristov, K., Dinkova, K. & Ananiev, J. (2017). Some parasitological, pathological and immunohistochemical examinations in sheep naturally infected by *Trichuris ovis*. *Trakia Journal of Sciences*, 15 (2), 174–178. doi: 10.15547/tjs.2017.02.012.

11. Bhat, S. A., Mir, M. U. R., Qadir, S., Allaie, I. M., Khan, H. M., Husain, I., & Sheikh, B. A. (2012). Prevalence of gastro-intestinal parasitic infections in Sheep of Kashmir valley of India. *Veterinary World*, 5 (11), 667–671. doi: 10.5455/vetworld.2012.667-671.
12. Ghada, H. A., Elowni, E., Sayed, E. I., & Hamid, S. A. Prevalence of Gastrointestinal Helminths in Sheep from White Nile State, Sudan. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Production*, 2 (2), 90–104.
13. Jatusevich, A. I., Kovalevskaja, E. O., & Verbickaja, L. A. (2015). *Capillaria bovis* v parazitarnoj sisteme zhvachnyh. *Uchenye Zapiski Uchrezhdenija Obrazovaniya «Vitebskaja Gosudarstvennaja Akademija Veterinarnoj Mediciny»*, 51 (1), 263–266 [in Russian].
14. Vlasenko, O. A., & Stybel', V. V. (2012). Epizootologichna sytuacija shhodo invazijnyh zahvorjuvan' ovec' u gospodarstvah Sums'koi' oblasti. *Naukovyj Visnyk LNVIM ta BT im. S. Z. Gzhyc'kogo*, 14, 2 (52), 44–48 [in Ukrainian].
15. Bojko, O. O. (2015). Gel'mintofauna ovec' i kiz Dnipropetrovs'koi' oblasti. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo Universytetu*, 6 (2), 87–92 [in Ukrainian].
16. Barutzki, D. (1990). Parasitosen bei Schaf und Ziegen in Deutschland. *Tierärztliche Praxis*, 2, 245–250.
17. Sokolova, V. M., Engashev, S. V., & Novak, M. D. (2013). Smeshannye invazii ovec' i koz v Central'nom rajone Rossijskoj Federacii (rasprostranenie, diagnostika, lechenie). *Voprosy Normativno-Pravogo Regulirovaniya v Veterinarii*, 2, 39–41 [in Russian].
18. Cherepanov, A. A. (1999). Differencial'naja diagnostika gel'mintozov po morfologicheskoi strukture jaic i lichinok vzbuditelej. Moskva [in Russian].
19. Galat, V. F., Yevstafieva, V. O., & Galat, M. V. (2009). Morfologija gel'mintiv tvarin: atlas. Poltava [in Ukrainian].
20. Pandey, V. S., Ouhelli, H., Dakkar, A., & Cabaret, J. (1990). Epidemiology of gastrointestinal helminths of sheep in the Rabat area of Morocco. *Annals of Veterinary Research*, 21 (4), 259–266.
21. Nwosu, C. O., Madu, P. P., & Richards, W. S. (2007). Prevalence and seasonal changes in the population of gastrointestinal nematodes of small ruminants in the semi-arid zone of north-eastern Nigeria. *Veterinary Parasitology*, 144 (1–2), 118–124. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.09.004.

Стаття надійшла до редакції 25.11.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Сорока Н. М. Перебіг трихуридозу як паразитозу органів травлення овець. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 148–153.

© Сорока Наталя Михайлівна, 2020

THE SUBSTANTIATION OF DEXMEDETOMIDINE USING IN VETERINARY PRACTICE FOR SMALL PETS' SURGERIES

O. E. Omelyanenko

ORCID  [0000-0002-6119-6460](https://orcid.org/0000-0002-6119-6460)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

E-mail: eposy199111@gmail.com

Veterinary anesthesiology is a rather young science, and now searching optimum patterns and preparations for using in surgeries of small pets is taking place. Most often 2 types of anesthesia are used – inhalation and intravenous. However, due to the high cost of the equipment for maintaining inhalation anesthesia, it is used intravenously more often. The study was conducted at the veterinary clinic “Na Robochiy” in the city of Dnipro. The purpose of the study was to determine the sedative and analgesic effect in comparison with the previous generations of the preparations mentioned below. During the research, 2 groups of dogs were formed, 5 animals in each, in the first (experimental) group anesthesia regimens were used applying Dexmedetomidine + Propofol + Butorphanol, in the second group (control) the pattern applying Sedazine + Propofol + Butorphanol was used. It turned out that the state of anesthesia was faster by 41.7 % in the experimental group. The duration of anesthesia in the experimental group was by 33.3 % longer, which made it possible to conduct longer surgeries. Studying the effect on the organism systems it was revealed that the blood pressure in the experimental group after introducing the preparation was temporarily reduced, but it quickly increased to physiological rates, while in the control group its decrease was uncontrolled and required correction. As for the analgesic effect, heart rate, arterial pressure (average), abdominal muscle contraction during 4 surgical periods were investigated, (before the surgery, during the white line dissection, during the most traumatic interventions, and the state of recovery after anesthesia). It was found that in the experimental group, the heart rate (during all stages of the study) was kept within 100.8 beats/min, arterial pressure – within 100.6 mm of mercury, contractions of the abdominal wall muscles were not noticeable, while the indicators of the control group were the following: HR at different periods had different indicators (average 112.6 beats/min), arterial pressure was 110.3 mm of mercury, while the abdominal wall muscle contractions were quite noticeable. Concerning the analysis of analgesic effects, it can be said that while conducting more traumatic manipulations and in the state of recovery after anesthesia, the difference of indicators between the experimental and control groups was 24.1 % and 9.4 %. Analyzing all the presented data, it is possible to say that using the scheme Dexmedetomidine + Propofol + Butorphanol is more effective concerning a faster entering analgesia, a longer period of anesthesia, and better indicators of animal analgesia.

Key words: Dexmedetomidine, Sedazine, Butomidol, analgesia, anesthesia, Propofol.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКСМЕДЕТОМІДИНУ У ВЕТЕРИНАРНІЙ ПРАКТИЦІ У РАЗІ ХІРУРГІЧНИХ ВТРУЧАНЬ У ДРІБНИХ ДОМАШНІХ ТВАРИН

О. Є. Омеляненко,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Ветеринарна анестезіологія досить молода наука, нині триває пошук оптимальних схем і препаратів для використання під час оперативних втручань у дрібних домашніх тварин. Найчастіше використовують два види наркозу – інгаляційний і внутрішньовенний. Але через високу вартість ана-

рату для підтримки інгаляційного наркозу частіше використовують внутрішньовенний. Дослідження проводили на базі ветеринарної клініки «На Робочій» у м. Дніпрі. Мета досліджень полягала у визначенні седативного й аналгетичного ефектів порівняно з попередніми поколіннями цих препаратів. При виконанні досліджень було сформовано дві групи собак по п'ять тварин у кожній, в першій (дослідній) групі використовували схему анестезії із застосуванням Дексмететомідину + Пропофол + Бутарфанол, у другій групі (контрольній) використовували схему із застосуванням Седазину + Пропофол + Бутарфанол. Виявилося, що в дослідній групі стан анестезії починався швидше на 41,7 %. Тривалість анестезії в дослідній групі була довшою на 33,3 %, що давало змогу проводити більш тривалі оперативні втручання. При дослідженні впливу на системи організму виявилося, що артеріальний тиск у дослідній групі після введення препарату тимчасово знижувався, але швидко піднімався до фізіологічних норм, коли в контрольній групі його зниження було неконтрольоване і потребувало корекції. Щодо вивчення аналгетичного ефекту, досліджувалися ЧСС, А/Т (середній), скорочення м'язів черевної стінки в чотири періоди оперативного втручання (перед початком операції, під час розсікання білої лінії, під час найбільших травматичних втручаннях, стан відновлення після анестезії). Виявилося, що в дослідній групі показники ЧСС (під час усіх стадій дослідження) були в межах 100,8 уд./хв.), А/Т – 100,6 мм рт. ст., а скорочення м'язів черевної стінки не були помітні, тоді як показники контрольної групи: ЧСС в різні періоди мав різні показники (в середньому 112,6 уд./хв), А/Т – 110,3 мм рт. ст, в той час скорочення м'язів черевної стінки були досить помітні. Щодо аналізу аналгетичних ефектів, можна говорити, що під час проведення більш травматичних маніпуляцій і у стані відновлення після анестезії різниця в показниках між дослідною і контрольною групами становила 24,1 % і 9,4 %. Аналізуючи всі представлені дані, можна зробити висновок, що використання схеми Дексмететомідин + Пропофол + Бутарфанол є більш ефективним через більш швидше входження в аналгезію, більш тривалий період анестезії, кращі показники щодо знеболення тварини.

Ключові слова: Дексмететомідин, Седазин, Бутомідол, аналгезія, анестезія, Пропофол.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕКСМЕДЕТОМИДИНА В ВЕТЕРИНАРНОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ У МЕЛКИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

А. Е. Омеляненко,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Исследование проводилось на базе ветеринарной клиники "На Рабочей" в г. Днепре. Цель исследования заключалась в том, чтобы определить седативный и анальгезирующий эффект по сравнению с предыдущими поколениями этих препаратов. При выполнении исследований было сформировано 2 группы собак по 5 животных в каждой, в первой (исследовательской) группе использовалась схема анестезии с применением Дексмететомидина + Пропофол + Бутарфанол, во второй группе (контрольной) использовалась схема с применением Седазина + Пропофол + Бутарфанол. Оказалось, что в исследовательской группе состояние анестезии наступало быстрее на 41,7 %. Продолжительность анестезии в исследовательской группе была дольше на 33,3 %, что позволяло проводить более длительные оперативные вмешательства. По исследованию анальгетического эффекта изучали ЧСС, А/Д (среднее), сокращение мышц брюшной стенки в 4 периода оперативного вмешательства (перед началом операции, во время рассечения белой линии, во время более травматических вмешательств, состояние восстановления после анестезии). Выяснили, что в исследовательской группе показатели ЧСС (на всех стадиях исследования) были в пределах 100,8 уд./мин., А/Д в пределах 100,6 мм рт. ст., сокращение мышц брюшной стенки не было заметно, в то время показатели контрольной группы: ЧСС в разные периоды имел разные показатели (в среднем 112,6 уд./мин.), А/Д – 110,3 мм рт. ст., сокращения мышц брюшной стенки были достаточно заметны. Анализируя все представленные данные, можно говорить, что использование схемы Дексмететомидин + Пропофол + Бутарфанол является более эффективной в связи с быстрым входением в аналгезию, более длительным периодом анестезии, лучшими показателями по обезболиванию животных.

Ключевые слова: Дексмететомидин, Седазин, Бутомидол, анальгезия, анестезия, Пропофол.

Вступ

Забезпечення безпечної анестезії та оптимальна аналгезія є етичним обов'язком для всіх практиків

у галузі ветеринарії. Зростає інформованість не тільки серед ветеринарних хірургів (ветеринарів), а також широкої громадськості, зокрема в межах ветеринарної хірургії. Повноцінне анестезіологічне забезпечення є основою успішного проведення оперативних втручань і допомагає більш кваліфіковано проводити протишокову терапію в умовах ветеринарних клінік і при наданні першої екстреної допомоги тваринам у критичних станах [1, 10].

В Україні ветеринарний анестезіолог часто обмежений у виборі необхідного для проведення наркозу спецобладнання, моніторингових приладів, реанімаційних засобів тощо. Водночас фахівець щоденно повинен застосовувати загальне знеболювання при лікуванні тварин, що страждають на захворювання хірургічного профілю, зокрема піометра, кісти яєчників, видалення чужорідних предметів, тощо. Як доводить практика, під руками часто не вистачає необхідних протоколів (схем) саме комбінованого (багатокомпонентного) неінгаляційного наркозу, щоб забезпечити головні вимоги до загальної анестезії, а саме: гальмування психічного сприйняття (наркоз), блокаду больових імпульсів (аналгезія), гальмування соматичних та автономних рефлексів (гіпорефлексія), усунення рухової активності (міорелаксація), відсутність негативного впливу на газообмін і гемодинаміку [2].

Натепер у ветеринарній хірургії та анестезіології існує досить велика кількість різноманітних препаратів, які забезпечують і гальмування психічного сприйняття, і блокаду больових імпульсів, усунення рухової активності, але препаратів, які б повністю не мали негативного впливу на газообмін, гемодинаміку, достатню аналгезію, і при цьому не мали б протипоказань – не існує.

Майже всі препарати для ветеринарії часто запозичують з гуманної медицини, проте вони не завжди задовольняють потреби, які виникають у процесі оперативного втручання. Зазвичай при використанні того чи того препарату для анестезії кожен лікар повинен бути впевнений, що він знає відповіді на питання: 1. На які рецептори препарат діє, якого ефекту треба очікувати? 2. Чи має препарат аналгетичний ефект? 3. Має сногворний чи міорелаксуючий ефект? 4. Можливо його використовувати з іншими препаратами? 5. Яким пацієнтам не рекомендований цей препарат? Тому при виборі препарату для анестезії чи комбінації препаратів ми повинні досягати бажаної мети: забезпечити сон потрібної глибини, міорелаксацію і, що дуже важливо, аналгезію [12].

Але є одна група препаратів, яку, навпаки, медицина людини перейняла у ветеринарних фахівців – альфа2-агоністи. Дексмететомідин – це єдиний препарат, із групи альфа2-агоністів, який наразі дозволено використовувати в гуманній медицині [6, 7, 9].

Альфа2-агоністи – це єдиний клас знеболюючих препаратів, які забезпечують надійну седативну дію, знеболення та розслаблення м'язів у собак і котів. При застосуванні в невеликих дозах, як допоміжні речовини до ін'єкційних та інгаляційних анестетиків, селективні агоністи альфа2 різко зменшують кількість наркозу, необхідного для індукції та підтримки наркозу. Це зниження в анестезії досягають без значного пригнічення функції легеневої тканини та з обмеженим впливом на серцево-судинну систему. Зважаючи на майже ідеальний фармакодинамічний профіль та оборотність агоністів альфа2, ці препарати відіграють вирішальну роль у збалансованому підході до наркозу та в управлінні періопераційним боєм у собак і котів [17].

Встановлено, що дексмететомідин є високоспецифічним і селективним агоністом $\alpha 2$ -адренорецепторів, активація $\alpha 2$ -адренорецепторів спричиняє центральний і периферичний симпатолітичний ефект, цей препарат проявляє дозозалежну седативну і гіпнотичну дію, що обумовлено зниженням активності норадренергічних нейронів блакитної плями у стовбурі головного мозку, механізм його седативного ефекту відрізняється від механізму дії бензодіазепінів і пропופолу, які забезпечують седацию шляхом дії на ГАМК шляхи, седация за допомогою дексмететомідину характеризується більш легкою пробуджуваністю, що забезпечує краще усвідомлення навколишнього оточення порівняно зі стандартними ГАМК-ергічними препаратами та має типові гемодинамічні ефекти, такі як брадикардія, артеріальна гіпотензія або гіпертензія, не впливає на функцію дихального центру [5, 8, 9, 11].

Дексмететомідин був затверджений для використання в реанімаційному відділенні в США 1999 р. та доданий до анестезіологічних протоколів [18].

Цей препарат схвалений для використання як собак, так і котів. Також він може використовуватися і при невеликих втручаннях (діагностичні процедури, чистка зубів, вух, тощо). Піковий ефект спостерігається через 15–60 хвилин. Період виведення завжди індивідуальний (через різноманітні фактори: вік, стать, стан внутрішніх систем) [13].

Але попри всі позитивні відгуки необхідні додаткові дослідження для встановлення ролі дексмететомідину в періопераційному періоді [18].

Саме тому *метою* нашого дослідження було обґрунтування застосування дексмететомідину у ве-

теринарії у разі хірургічних втручань у дрібних домашніх тварин. Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання: експериментально визначити вплив препарату на організм тварин під час і після оперативного втручання, використовуючи при цьому інструментальні та візуальні методи контролю за станом тварини.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводилося впродовж 2018–2019 років в умовах ветеринарної клініки «На Робочій» м. Дніпра.

Для проведення експериментальних досліджень з метою порівняння двох схем анестезіологічних протоколів за принципом аналогів було сформовано дві групи собак (дослідну і контрольну) по п'ять голів у кожній, яким за показаннями проводили оперативне втручання в ділянці черевної стінки та внутрішніх органів черевної порожнини. У досліді були задіяні тварини різної статі (6 сук та 4 кобелі), віком від 4 до 8 років (середній вік тварин становив 6 років).

Тваринам обох груп до проведення оперативного втручання було визначено ступінь зневоднення шляхом збирання шкіри у складку на ділянках тіла з розвинутою шкірною клітковиною (в собак у ділянці між лопатками) [3] тварини. За необхідності була виконана корекція водно-мінерального балансу (було введено розчин Рінгера внутрішньовенно в кількості залежно від ступеню зневоднення) [4], було виконано введення антибіотику групи цефалоспоринових (Цефтріаксон Дарниця Б, Україна). Для премедикації, перед операцією, використовували Буторфанол внутрішньовенно в дозі 0,02 мл/кг, через 15 хв. внутрішньом'язово було введено основний препарат для анестезії.

У дослідній групі використовувався Дексмететомідин у дозі 0,03 мг/кг, у контрольній групі Седазин (Біовет Булави, Польща) внутрішньом'язово в дозі 2 мг/кг. Через 5 хв. спостерігалася легка седативна дія та через 10–15 хв. у разі появи вираженого седативного ефекту, проводили інтубацію трахеї, для цього було використано розчин 0,05 % Пропофолу, який вводився внутрішньовенно в дозі 6 мг/кг.

Під час оперативного втручання для підтримки піку знеболення в кожній з груп додатково вводили розчин Буторфанолу кожні 15 хв. у дозі 0,02 мл/кг. Для підтримки седативного й анагетичного ефекту в дослідній групі кожні 25–30 хв. вводили внутрішньовенно Дексмететомідин в дозі 0,02 мг/кг. У контрольній групі кожні 15–20 хв. вводили розчин Седазину в дозі 2 мг/кг.

Для контролю седативного ефекту проводилася оцінка рефлексів (пальцебрального, звуження чи розширення зіниць, анального), стану свідомості (гучні звуки, уколи голкою) [1].

Для контролю за анагетичним ефектом проводили контроль частоти серцевих скорочень (ЧСС), електричної активності серця (ЕКГ) за допомогою кардіомонітора NK-601 Vet (Китай), частоти дихальних рухів (ЧДР) за допомогою стетофонендоскопу фірми Dr. Frei (Швейцарія). Отримані дані реєстрували у протоколі анестезіологічного супроводження пацієнта.

Також було досліджено гемодинамічні (ЧСС, А/Т (середній)) показники і скорочення м'язів черевної стінки для більш точного з'ясування анагетичного ефекту. Ці дані були отримані у 4 періоди оперативного втручання:

1. Контрольний – перед початком операції.
2. Під час розсікання білої лінії.
3. Під час найбільш травматичних маніпуляцій.
4. Стадія відновлення після анестезії.

Контроль загальної температури здійснювався кожні 30 хв. за допомогою електронного термометра Thermo Base Gamma (Англія), під час операції температура тіла тварини підтримувалася за допомогою медичних водяних грілок (отримані дані реєстрували у протоколі анестезіологічного супроводження пацієнта).

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили шляхом визначення середнього арифметичного (М), його похибки (m) та рівня вірогідності (p) за допомогою таблиці t-критеріїв Стюдента.

Результати досліджень та обговорення

Запропоновані схеми загальної анестезії супроводжувалися поступовим пригніченням центральної нервової системи, втратою свідомості, анагезією. У дослідній групі у разі використання Дексмететомідину стан розслаблення скелетних м'язів і седативна дія наступали в середньому через 10,6 хв., у контрольній групі при використанні Седазину розслаблення і седативний ефект настав пізніше в середньому через 18,2 хв. від початку введення препарату, тобто початок анестезії в дослідній групі був

швидшим на 41,7 % ($p < 0,05$).

Тривалість анестезії в дослідній групі була в середньому 24,3 хв., у контрольній групі – 16,2 хв., що не завжди було достатньо для тривалих оперативних втручань, тому виникала необхідність додаткових уведень препарату, тобто тривалість анестезії в дослідній групі була довшою за контрольну на 33,3 % ($p < 0,05$).

Анальгетичний ефект був удвічі кращим у тварин дослідної групи у разі використання схеми Д+Б+П (Дексмететомідин + Буторфанол + Пропофол), проти використання С+Б+П (Седазин + Буторфанол + Пропофол) у контрольній групі.

Досліджуючи вплив на функцію дихальної системи, різниці від запропонованих схем не реєструвалося.

Водночас вплив на серцево-судинну систему був різним, у разі застосування схеми Д+Б+П спостерігали зниження артеріального тиску (через 5 хвилин після введення препаратів), але потім швидко повернення до фізіологічних норм. А в контрольній групі показники артеріального тиску знизилися до 80–90 мм рт. ст. (середній артеріальний тиск [4]), і залишалися такими до моменту корекції за допомогою фізіологічних розчинів.

Після виконання оперативних втручань було досліджено час, за який тварини виходили з анестезії (період пробудження): в дослідній групі період становив 14,2 хв., тоді як у контрольній групі 27,9 хв., тобто час пробудження в контрольній групі на 49,1% ($p < 0,05$) був швидшим, ніж у дослідній (табл. 1).

1. Порівняльна характеристика двох запропонованих схем анестезії в собак (n=5)

Групи	Початок анестезії, хв ($M \pm m$)	Тривалість анестезії, хв. ($M \pm m$)	Анальгетичний ефект	Вплив на:		Період пробудження, хв.
				ДС	ССС	
1. Дексмететомідин + Буторфанол + Пропофол	10,6 $\pm$ 0,6	24,3 $\pm$ 1,1	++	↓↑	↓↑	14,2 $\pm$ 0,9
2. Ксилазин + Буторфанол + Пропофол	18,2 $\pm$ 0,8*	16,2 $\pm$ 1,0*	+	↓↑	↓↓	27,9 $\pm$ 0,6*

Примітки: ДС – дихальна система; СССР – серцево-судинна система;

«+++» – сильний анальгетичний ефект, «+» – слабкий анальгетичний ефект; «↓↑» – спочатку поступове зниження потім поступове підняття; «↓↓» – різке зниження; $P < 0,05^*$ – відносно дослідної групи.

Для більш точного з'ясування анальгетичного ефекту (табл. 2) за двох схем анестезіологічного супроводження, велося спостереження за трьома показниками (ЧСС, А/Т (середнє), скорочення м'язів черевної стінки).

2. Показники гемодинаміки в собак у разі оперативних втручань черевної порожнини (n=4)

Групи	Періоди оперативного втручання	ЧСС, за 1 хв., ($M \pm m$)	А/Т, мм рт. ст., ($M \pm m$)	Скорочення м'язів черевної стінки
1. Дексмететомідин + Буторфанол + Пропофол	I	100,4 $\pm$ 5,6	103,2 $\pm$ 4,8	–
	II	102,0 $\pm$ 2,4	100,2 $\pm$ 4,1	–
	III	102,8 $\pm$ 2,0	100,2 $\pm$ 1,4	+
	IV	98,2 $\pm$ 1,8	99,0 $\pm$ 1,8	–
2. Ксилазин + Буторфанол + Пропофол	I	100,0 $\pm$ 3,6	104,6 $\pm$ 2,4	–
	II	106,6 $\pm$ 1,8	107,6 $\pm$ 2,6	–
	III	135,6 $\pm$ 6,6	118,6 $\pm$ 2,7	++
	IV	108,4 $\pm$ 3,9	110,6 $\pm$ 6,7	–

Примітки: «–» – непомітні скорочення; «+» – ледь помітні скорочення; «++» – сильні скорочення.

Дослідження щодо анальгезуючого ефекту цих схем показали, що в дослідній групі на всіх етапах спостереження ЧСС перебувала в середньому 100,8, А/Т 100,6, скорочень м'язів черевної стінки не було помітно. У другій групі ЧСС = 112,6, А/Т = 110,3 скорочення м'язів черевної стінки на момент найбільш травматичних маніпуляцій були досить помітні.

Аналізуючи отримані дані щодо ЧСС, з'ясували, що на I стадії оперативного втручання різниця між контрольною і дослідною групою не перевищувала 5,0 %, на II стадії – різниця між показниками також не перевищувала 5,0 %, але, якщо подивитися на показники в III і IV періодах, різниця вже становить 24,1 % і 9,4 %.

При аналізі результатів середнього А/Т, встановили, що на I стадії різниця не перевищувала 5,0 %, тоді як на II, III, IV стадіях 6,8 %, 15,5 %, 10,4 % відповідно.

Зважаючи на огляд даних літератури, однозначної думки щодо анальгетичної дії дексметомідину немає. Згідно з наявними даними [19], при використанні схем з дексметомідином як основним препаратом для анестезії зменшується час введення в седацию порівняно з використанням седазину (в середньому на 41,7 % ($p < 0,05$)). Тривалість анестезії була в середньому на 33,3 % ($p < 0,05$) довшою. Щодо часу пробудження після оперативного втручання, маємо різницю між літературними даними і проведеними дослідженнями в цій статті. Зокрема йдеться про те, що різниці між пробудженням після використання дексметомідину і седазину немає. При проведенні досліджень, які висвітлені в цій статті, різниця виявлена в середньому вдвічі (49,1 % ($p < 0,05$)) [19]. Дані неузгодженості могли виникнути на фоні різниці у способах використання препаратів (автор статті використовував інфузію з постійною швидкістю, а в цій роботі висвітлюється метод струменевого введення препарату). В інших джерелах [6, 11, 16, 18] дексметомідин використовували як седативний препарат, де він виявив високі результати, і навіть почав використовуватися в гуманній медицині. Щодо анальгетичних якостей препарату, то він має досить високі показники, що представлені в дослідях (ЧСС – на 24,1 % і 9,4 %, А/Т на 6,8 %, на 15,5 % і на 10,4 % порівняно з контрольною групою), ці досліді підтверджують матеріали, які наведені науковцями й висвітлюють сильні анальгетичні якості препарату дексметомідин [16].

Висновки

Встановлено, що застосування тваринам наркозу з використанням схеми дексметомідину + бутормідор + пропофол, є більш ефективним за схему з використанням седазину + бутормідор + пропофол, зокрема швидше настає початок анестезії в середньому на 41,7 % ($p < 0,05$). Вона є більш тривалою – 33,3 % ($p < 0,05$), вдвічі вищий анальгетичний ефект, та швидше відновлюється серцево-судинна система, та майже вдвічі (49,1 % ($p < 0,05$)) швидший період пробудження. При дослідженні гемодинамічних показників встановлено, що на I стадії оперативного втручання різниця між показниками ЧСС і А/Т у дослідній і контрольній групах не перевищувала 5 %, але на II, III, IV (ЧСС на 24,1 % і на 9,4 %, А/Т на 6,8 %, на 15,5 % і на 10,4 %) стадіях були досить помітні відхилення в бік підвищення показників у контрольній групі, що свідчить про гірші анальгетичні ефекти в контрольній групі.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці ефективних схем седації та анальгезії у ветеринарній хірургії, враховуючи появу новітніх препаратів, а також зважаючи на індивідуальні особливості організму дрібних домашніх тварин.

References

1. Duke-Novakovski, T., Vries de M., & Seymour, C. (2016). *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia 3rd Edition*. England: British Small Animal Veterinary Association.
2. Marunchyn, A. A., Stetsiura, L. H., Izdepskyi, V. Y., Seiediadollakh, A. S., & Shulha, A. V. (2012). Suchasnyi pidkhid do kombinovanoho neinhaliatsiinoho narkozu. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 7, 25–30 [In Ukrainian].
3. Makintajr, D. K., Drobac, K. Dzh., Haskingz, S. S., & Sakson, U. D. (2008). *Skoraya pomosh i intensivnaya terapiya melkih domashnih zhivotnyh*. (T. V. Lisicina, Trans.). Moskva: Akvarium-Print [In Russian].
4. *Deksdor (Deksmedetomidin). Monografiya po preparatu*. (2015). Moskva: Orion Farma. Retrieved from: <https://docplayer.ru/85491367-Deksdor-Deksmedetomidin-monografiya-po-preparatu.html> [In Russian].
5. Tsvilikhovskyi, M. I., Bereza, V. I., Sichkar, V. S., Holopura, S. I., Hrushanska, N. H., Skyba, O. O., Lazarenko, P. V., Rudenko, A. A. & Yakymchuk, O. M. (2014). *Vnutrishni nezarazni khvoroby*. Kyiv: "Ahrarna osvita" [in Ukrainian].

6. Lisichkina, O. M., Boiko, S. M., Truba, Ya. P., & Lazoryshynets, V. V. (2017). Dosvid vykorystannia deksmedetomidinu u viddilenni reanimatsii ta intensyvnoi terapii kardiokhirurhichnoho profilu. *Visnyk Sertsevo-Sudynnoi Khirurhii*, 3, 90–92. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/shnp_2017_3_19 [In Ukrainian].
7. Rudko, O. I., Klimov, E. A., & Sobolev, V. V. (2017). Issledovanie vliyaniya intranazalnogo vvedeniya preparata Deksmetomidin na bolevuyu chustvitelnost. *Razrabotka i Registraciya Lekarstvennyh Sredstv*, 2, 237–238 [In Russian].
8. Kulikov, A. S., & Lubnin, A. Yu. (2013). Deksmetomidin: novye vozmozhnosti v anesteziologii. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*, 1, 37–41 [In Russian].
9. Korniyushenkov, E. A. (2017). Primenenie Meditina (medetomidina) v kachestve komponenta sedatsii. *Rossiyskij Veterinarnyj Zhurnal*, 5, 30–33 [In Russian].
10. Karamalak, A. I., Kovalev, I. A., & Kovalenko, A. E. (2019). *Obshaya anesteziya zhivotnyh*. Vitebsk: VGAVM [In Russian].
11. Kozlov, I. A. (2013). The α 2-Adrenoceptor Agonist Dexmedetomidine in Current Sedation Practice. *General Reanimatology*, 9 (2), 55. doi: 10.15360/1813-9779-2013-2-55.
12. Malceva, A. N. (2017). Preparaty dlya anestezii – chto vazhno znat vrachu. *VetPharma*, (1 (35)), 42–50 [In Russian].
13. Papich, M. G. (2016). *Paclitaxel. Saunders Handbook of Veterinary Drugs*, 600–602. doi: 10.1016/b978-0-323-24485-5.00024-3.
14. DeGroot, W. D., Tobias, K. M., Browning, D. C., & Zhu, X. (2019). Examination of laryngeal function of healthy dogs by using sedation protocols with dexmedetomidine. *Veterinary Surgery*, 49 (1), 124–130. doi: 10.1111/vsu.13334.
15. Dent, B. T., Aarnes, T. K., Wavreille, V. A., Lakritz, J., Lerche, P., KuKanich, B., Pereira, C. H. R. & Bednarski, R. M. (2019). Pharmacokinetics and pharmacodynamic effects of oral transmucosal and intravenous administration of dexmedetomidine in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 80 (10), 969–975. doi: 10.2460/ajvr.80.10.969.
16. Valverde, A., & Skelding, A. M. (2019). Alternatives to Opioid Analgesia in Small Animal Anesthesia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 49 (6), 1013–1027. doi: 10.1016/j.cvsm.2019.07.010.
17. Lemke, K. A. (2004). Perioperative use of selective alpha-2 agonists and antagonists in small animals. *Canadian Veterinary Journal*, 45 (6), 475–480.
18. Paris, A., & Tonner, P. H. (2005). Dexmedetomidine in anaesthesia. *Current Opinion in Anaesthesiology*, 18 (4), 412–418. doi: 10.1097/01.aco.0000174958.05383.d5.
19. Jena, B., Das, J., Nath, I., Sardar, K. K., Sahoo, A., Beura, S. S., & Painuli, A. (2014). Clinical evaluation of total intravenous anaesthesia using xylazine or dexmedetomidine with propofol in surgical management of canine patients. *Veterinary World*, 7 (9), 671–680. doi: 10.14202/vetworld.2014.671-680.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Омельяненко О. Є. Обґрунтування застосування дексмететомідину у ветеринарній практиці у разі хірургічних втручань у дрібних домашніх тварин. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 154–160.

© Омельяненко Олександр Євгенійович, 2020



PECULIARITIES OF DEMODECOSIS COURSE IN HELMINTHOSES ASSOCIATIONS OF DOGS' DIGESTIVE TRACT

V. O. Yevstafieva*
A. S. Lychman

 ORCID  [0000-0003-4809-2584](https://orcid.org/0000-0003-4809-2584)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: evstva@ukr.net

Demodex invasion occupies a particular place among the diseases of pets. Most often dogs are affected by the disease and it can cause considerable economic losses to dog breeding. At the same time, demodexosis has social importance, as dogs constantly contact with their owners. Demodexosis is widely spread in many European countries including Ukraine, where the invasion tends to constant spreading as a result of increasing the number of carnivorous animals, especially in cities and towns. The studies were conducted in the laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expert Examination of Poltava State Agrarian Academy. The aim of the research was to investigate the peculiarities of demodexosis course in the helminthoses of dog digestive tract and determine the main associates of mixed invasions. Dogs' skin scrapings studies were conducted by vital method. Helminth oovoscopy of dogs' feces samples infected with *Demodex canis* was made by Kotelnikov-Khrenov's method. According to the results of dogs' acarological studies, it was established that the average prevalence of demodexosis invasion made 21.43 % among the animal skin pathologies in the town of Poltava. Mixed invasions were presented by two-component and three-component associations of parasites, namely: *Demodex canis* (Leydig, 1859), *Trichuris vulpis* (Frölich, 1789), and *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), in different combinations. Most often, demodexosis-trichurosis invasion was detected (54.55 of all the revealed mixed invasions). Demodexosis-uncinariosis (27.27 %) and demodexosis-trichurosis-uncinariosis (18.18 %) invasions were registered less frequently. It was determined that demodexosis was manifested both as mono-invasion in infected dogs (47.62 %) and association with intestinal nematodoses (52.38 %). Two-component mixed invasions dominated, in which the indices of prevalence reached 42.86 %. Three-component invasion was revealed only in 9.52 % of dogs diseased with demodexosis. The obtained results of studies supplement the existing data as to the course of dog demodexosis and will also enable to conduct complex treatment of demodexosis associative course.

Keywords: demodexosis, dogs, associative course, helminthoses, prevalence.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ДЕМОДЕКОЗУ У СКЛАДІ ГЕЛЬМІНТОЗІВ ТРАВНОГО КАНАЛУ СОБАК

В. О. Євстаф'єва, А. С. Личман,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Серед хвороб домашніх непродуктивних тварин особливе місце займає демодекозна інвазія. Найчастіше хвороба уражує собак і може спричинювати суттєві економічні збитки собаківництву. Водночас демодекоз має й соціальне значення, оскільки собаки постійно перебувають у контакті з їхніми власниками. Демодекоз собак має значне розповсюдження в багатьох європейських країнах, зокрема в Україні, де інвазія має тенденцію до постійного поширення внаслідок збільшення чисельності м'ясоїдних тварин, особливо в містах. Дослідження виконували на базі лабораторії кафедри пара-

зитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавської державної аграрної академії. Метою роботи було дослідити особливості перебігу демодекозу у складі гельмінтозів травного каналу собак, визначити основних співчленів мікстинвазій. Дослідження зіскрібків зі шкіри собак проводили вітальним методом. Гельмінтооовоскопію проб фекалій собак, інвазованих *Demodex canis*, проводили за методом Котельникова-Хренова. За результатами акарологічних досліджень собак встановлено, що середня екстенсивність демодекозної інвазії в місті Полтаві серед патологій шкіри тварин становила 21,43 %. Визначено, що демодекоз у інвазованих собак перебігає як моноінвазія (47,62 %), так і в асоціації з кишковими нематодозами (52,38 %). Мікстинвазії були представлені двокомпонентними та трикомпонентними асоціаціями паразитів, а саме: *Demodex canis* (Leydig, 1859), *Trichuris vulpis* (Frölich, 1789) та *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), що мали різні комбінації. Найчастіше виявляли демодекозно-трихуриозну інвазію (54,55 % від усіх виявлених мікстинвазій). Рідше реєстрували демодекозно-унцинаріозну (27,27 %) та демодекозно-трихуриозно-унцинаріозну (18,18 %) інвазії. Домінували двокомпонентні мікстинвазії, де показники екстенсивності інвазії сягали 42,86 %. Трикомпонентну інвазію встановлено лише у 9,52 % хворих на демодекоз собак. Отримані результати досліджень розширюють уже наявні дані щодо перебігу демодекозу в собак, а також дають змогу проводити комплексне дослідження тварин та призначати комплексне лікування у разі асоціативного перебігу демодекозу.

Ключові слова: демодекоз, собаки, асоційований перебіг, гельмінтози, екстенсивність інвазії.

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ДЕМОДЕКОЗА В СОСТАВЕ ГЕЛЬМИНТОЗОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА СОБАК

В. А. Евстафьева, А. С. Лычман,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Проведенные исследования показали, что средняя экстенсивность демодекозной инвазии собак на территории города Полтавы среди патологий кожи составила 21,43 %. Демодекоз у инвазированных собак протекает как в виде моноинвазии (47,62 %), так и в виде ассоциации с кишечными нематодозами (52,38 %). Микстинвазии были представлены двухкомпонентными и трехкомпонентными ассоциациями паразитов, а именно: *Demodex canis* (Leydig, 1859), *Trichuris vulpis* (Frölich 1789) и *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884). Чаще всего выявляли демодекозно-трихуриозную инвазию (54,55 % от общего числа выявленных микстинвазий). Реже регистрировали демодекозно-унцинариозную (27,27 %) и демодекозно-трихуриозно-унцинариозную (18,18 %) инвазии. Доминировали двухкомпонентные микстинвазии, где показатели экстенсивности инвазии достигали 42,86 %.

Ключевые слова: демодекоз, собаки, ассоциированное течение, гельминтозы, экстенсивность инвазии.

Вступ

Серед хвороб домашніх непродуктивних тварин на урбанізованих територіях особливе місце займає демодекозна інвазія. Найчастіше хвороба уражує собак і може спричинювати суттєві економічні збитки службовому і мисливському собаківництву. Водночас демодекоз має й соціальне значення, оскільки собаки постійно перебувають у контакті з їхніми власниками і членами їхніх сімей, що характерно для великих міст. Насамперед це пов'язано зі збільшенням темпів і обсягу безконтрольного розведення собак різних порід, ввезенням з-за кордону самців-плідників, а також неправильними умовами годівлі та утримання тварин [1–4].

Більшість дослідників свідчать, що найбільш широкими територіальними межами характеризується епізоотичний процес у разі демодекозу у тварин, де сприйнятливими можуть бути парнокопитні, м'ясоїдні, всеїдні, хижаки, домашні й дикі тварини, а також людина [5, 6]. Демодекоз встановлено в Австралії в тигра [7], у чорних ведмедів на території США [8], у каліфорнійських білок [9], у гірських козлів у Чехії [10].

Демодекоз собак має значне розповсюдження в багатьох європейських країнах, зокрема в Україні, де інвазія має тенденцію до постійного поширення внаслідок збільшення чисельності м'ясоїдних тварин, особливо в містах [11–13].

Дослідники встановили, що джерелом збудника демодекозу є інвазовані тварини. Передача кліщів у популяції того чи того виду тварин і на міжпопуляційному рівні здійснюється при прямому контак-

ті тварин або через предмети догляду, спецодяг обслуговуючого персоналу, обладнання [14, 15]. Відомо, що це хронічне захворювання, яке характеризується запаленням і десквамацією рогового шару шкіри, зниженням імунного статусу організму, вираженим виснаженням тварини. Демодекоз собак може перебігати в кількох клінічних формах. При цьому має значення характер патологічних змін шкіри, локалізація і площа уражень, вік тварини [16, 17]. Водночас є повідомлення в науковій літературі, що демодекси в обмеженій кількості є сапрофітами шкіри людей і тварин та не завжди спричинюють клінічні ознаки хвороби [18–20].

Зважаючи на вищенаведене, *метою* нашої роботи було дослідити особливості перебігу демодекозу собак у складі гельмінтозів травного каналу.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі *задачі*: встановити показники інвазованості собак збудником демодекозу, дослідити основних співчленів мікстинвазій собак.

Матеріали і методи досліджень

Робота виконана впродовж 2019–2020 рр. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавської державної аграрної академії. Вивчення поширення та особливостей перебігу демодекозу собак на території міста Полтави проводили за результатами акарологічних копроовоскопічних досліджень тварин. Експериментальна частина роботи проводилася згідно із «Загальними етичними принципами експериментів на тваринах», схваленими на Національному конгресі з біоетики (Київ, 2001) з дотриманням міжнародних вимог Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986).

Усього досліджено 98 собак різних вікових груп та порід. При паразитологічному обстеженні тварин визначали показник їх ураження збудниками демодекозу та гельмінтозів – екстенсивність інвазії (EI, %). Для лабораторного підтвердження демодекозу з кількох уражених ділянок на межі зі здоровою шкірою робили глибокі, до появи крові, зіскрібки, які розглядали під малим збільшенням мікроскопа. Матеріал досліджували вітальним методом з додаванням рослинної олії. Наявність у матеріалі кліща *Demodex canis* на різних стадіях розвитку слугувала підставою для постановки діагнозу на демодекоз. Гельмінтоовоскопію проб фекалій проводили за методом Котельникова-Хренова [21]. Визначення видової належності яєць гельмінтів проводили за допомогою атласу диференціальної діагностики гельмінтозів тварин [22].

Результати досліджень та їх обговорення

Результати проведених паразитологічних досліджень свідчать, що середня екстенсивність демодекозної інвазії собак серед патологій шкіри на території міста Полтави становить 21,43 % за інтенсивності інвазії від 1 до 3 кліщів у зіскрібку зі шкіри.

Визначено, що демодекоз у інвазованих собак перебігає як моноінвазія – 47,62 % (10 голів), так і в асоціації з кишковими нематодозами – 52,38 % (11 голів) (рис. 1).

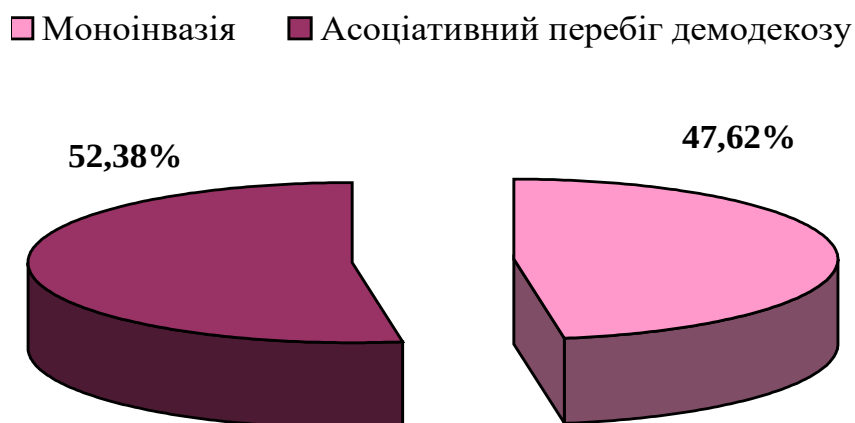


Рис. 1. Форми перебігу демодекозу собак

Мікстінвазії були представлені двокомпонентними та трикомпонентними асоціаціями паразитів, а саме: *Demodex canis* (Leydig, 1859), *Trichuris vulpis* (Frölich 1789) та *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884) у різних комбінаціях. Найчастіше виявляли демодекозно-трихурозну інвазію (54,55 % від всіх виявлених мікстінвазій, ЕІ – 28,57 %). Рідше реєстрували демодекозно-унцинаріозну (27,27 %, ЕІ – 14,29 %) та демодекозно-трихурозно-унцинаріозну (18,18 %, ЕІ – 9,52 %) інвазії (табл., рис. 2).

Демодекоз у складі мікстінвазій кишкового каналу собак (n=21)

Асоціації паразитів	Інвазовано, гол.	% від хворих на мікстінвазії (n=11)	ЕІ, %
Двокомпонентні:	9	81,82	42,86
Демодекоз + трихуроз	6	54,55	28,57
Демодекоз + унцинаріоз	3	27,27	14,29
Трикомпонентна:	2	18,18	9,52
Демодекоз + трихуроз + унцинаріоз	2	18,18	9,52

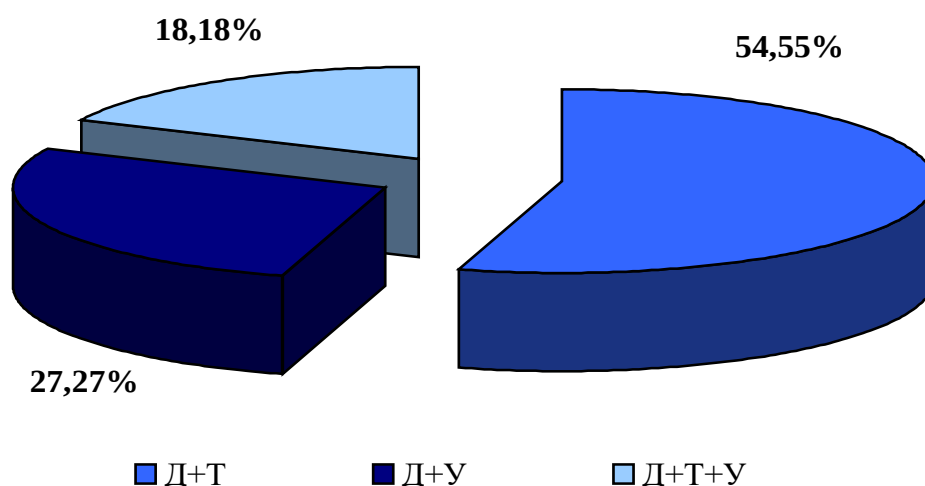


Рис. 2. Особливості перебігу *Demodex canis* у складі нематодозів кишкового каналу собак:
Д – демодекоз, Т – трихуроз, У – унцинаріоз

Домінували двокомпонентні мікстінвазії, де показники екстенсивності інвазії сягали 42,86 %, що становило 81,82 % від хворих на мікстінвазії собак. Трикомпонентну інвазію встановлено лише у 9,52 % хворих на демодекоз собак.

Літературні дані свідчать про значне поширення та небезпеку збудника демодекозу серед популяції домашніх собак. На думку більшості дослідників, *D. canis* входить до складу нормальної шкірної фауни в собак, а клінічні прояви хвороби виникають, якщо в роботі імунної системи організму є порушення, вроджені чи набуті, що призводить до розмноження кліщів. Наприклад, на території Індії ураженість собак збудником демодекозу становила 31,42 % [16], у Непалі – до 70 % [23], на території Китаю – 13,31 % [11], у Тайвані – до 12,5 % [24]. Проведені дослідження свідчать про значне поширення демодекозу собак на території міста Полтави (Україна), де екстенсивність інвазії серед патологій шкіри становила 21,43 %. Це підтверджує результати більшості науковців світу, що свідчить про широке розповсюдження демодекозу серед м'ясоїдних тварин. Також ми виявили, що демодекоз у інвазованих собак перебігає як моноінвазія (47,62 %), так і в асоціації з кишковими нематодозами (52,38 %). Мікстінвазії були представлені асоціаціями паразитів, а саме: *Demodex canis* (Leydig, 1859), *Trichuris vulpis* (Frölich, 1789) та *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884). Домінували двокомпонентні мікстінвазії, де показники екстенсивності інвазії сягали 42,86 %. Трикомпонентну інвазію встановлено лише у 9,52 % хворих на демодекоз собак.

У літературних джерелах є окремі повідомлення щодо асоціативного перебігу демодекозу з трихофітією [25], а також з ектопаразитами видів *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var *canis*, *Ctenocephalides canis* і *Trichodectes canis*, які перебігали як дво- й більше компонентні мікстинвазії [26].

Отримані результати досліджень розширяють уже наявні дані щодо перебігу демодекозу в собак, а також дають змогу проводити комплексне дослідження тварин та призначати комплексне лікування у разі асоціативного перебігу демодекозу.

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що в місті Полтава демодекоз собак є поширеною інвазією. Серед патологій шкіри тварин екстенсивність інвазії *Demodex canis* становить 21,43 %. Водночас визначено, що демодекоз собак у 47,62 % перебігає як моноінвазія, у 52,38 % – як мікстинвазія. *Demodex canis* редеструється у дво- та трикомпонентних асоціаціях разом з нематодами *Trichuris vulpis* та *Uncinaria stenocephala*.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях плануємо вивчити ефективність лікувальних засобів за наявності демодекозу в собак.

References

1. Morsy, T. A., el Okbi, M. M., el-Said, A. M., Arafa, M. A., & Sabry, A. H. (1995). Demodex (follicular mite) infesting a boy and his pet dog. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 25 (2), 509–512.
2. Sivajothi, S., Reddy, B. S., & Rayulu, V. C. (2015). Demodicosis caused by *Demodex canis* and *Demodex cornei* in dogs. *Journal of Parasitic Diseases*, 39 (4), 673–676. doi: 10.1007/s12639-013-0405-3.
3. Shoop, S. J., Marlow, S., Church, D. B., English, K., McGreevy, P. D., Stell, A. J., Thomson, P. C., O'Neill, D. G., & Brodbelt, D. C. (2015). Prevalence and risk factors for mast cell tumours in dogs in England. *Canine Genetics and Epidemiology*, 2, 1. doi: 10.1186/2052-6687-2-1.
4. Sgarbossa, R. S., Sechi, G. V., Pacheco, B. D., Lucina, S. B., Paulo, M. R., Monti, F. D., & Farias, M. R. (2017). The epidemiological and clinical aspects of *Demodex injai* demodicosis in dogs: a report of eight cases. *Semina: Ciencias Agrarias*, 38 (5), 3387–3393. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n5p3387.
5. Bukva, V. (1995). Demodex species (Acari: Demodecidae) parasitizing the brown rat, *Rattus norvegicus* (Rodentia): redescription of *Demodex rattii* and description of *D. norvegicus* sp. n. and *D. ratticola* sp. n. *Folia Parasitologica*, 42 (2), 149–160.
6. Forrester, D. J., & Wooding, J. B. (1993). Demodicosis in black bears (*Ursus americanus*) from Florida. *Journal of Wildlife Diseases*, 29, 136–138. doi: 10.7589/0090-3558-29.1.136.
7. Junk, A. K., Lukacs, A., & Kampik, A. (1998). Topicax administration of mitronidazole gel as an effective therapy alternative in chronic *Demodex blefaritis* – a case report. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 213 (1), 48–50. doi: 10.1055/s-2008-1034943.
8. Foster, G. W., Cames, N. A., & Forester, D. I. (1998). Geographical distribution of *Demodex ursi* in black bears from Florida. *Journal of Wildlife Diseases*, 34 (1), 161–164. doi: 10.7589/0090-3558-34.1.161.
9. Waggle, K. S., & Marion, P. L. (1997). *Demodex* sp. in California ground squirrels. *Journal of Wildlife Diseases*, 33 (2), 368–370. doi: 10.7589/0090-3558-33.2.368.
10. Fleischer, P., Lukesová, D., Skrivánek, M., Hofírek, B., & Stursa, I. (1996). First report of demodicosis in goats in the Czech Republic. *Veterinary Medicine*, 41 (9), 289–293.
11. Chen, Y., Lin, R., Zhou, D., Song, H., Chen, F., Yuan, Z., Zhu, X., Weng, Y., & Zhao, G. (2012). Prevalence of *Demodex* infection in pet dogs in Southern China. *African Journal of Microbiology Research*, 6 (6), 1279–1282. doi: 10.5897/AJMR11.1530.
12. Galat, V., & Tytarenko, A. (2004). Epizootologija ta klinichni proyavy demodekoznoi invazii u sobak. *Veterynarna Medycyna Ukrainy*, 12, 36–37 [In Ukrainian].
13. Martínez-Subiela, S., Bernal, L. J., Tvarijonaviciute, A., Garcia-Martinez, J. D., Tecles, F., & Cerón, J. J. (2014). Canine demodicosis: the relationship between response to treatment of generalised disease and markers for inflammation and oxidative status. *Veterinary Dermatology*, 25, 72–76. doi: 10.1111/vde.12108.
14. O'Neill, D. G., Turgoose, E., Church, D. B., Brodbelt, D. C., & Hendricks, A. (2020). Juvenile-onset and adult-onset demodicosis in dogs in the UK: prevalence and breed associations. *Journal of Small Animal Practice*, 61 (1), 32–41. doi: 10.1111/jsap.13067.
15. Mueller, R. S., Bensignor, E., Ferrer, L., Holm, B., Lemarie, S., Paradis, M., & Shipstone, M. A.

- (2012). Treatment of demodicosis in dogs: 2011 clinical practice guidelines. *Veterinary Dermatology*, 23 (2), 86–96. doi: 10.1111/j.1365-3164.2011.01026.x.
16. Sharma, P., Wadhwa, D. R., Katoch, A., & Sharma, K. (2018). Epidemiological, clinico-haematological and therapeutic studies on canine demodicosis. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 7 (3), 109–113. doi: 10.15406/jdvar.2018.07.00200.
17. Deepak, D., Chaudhary, A. K., Yadav, S., Das, A. K., Patel, P. K., Paul, B. R., De, U. K., & Dixit, S. K. (2018). Clinical investigation and therapeutic management of canine demodicosis with doramectin: A case study. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6 (6), 1012–1015. doi: 10.13140/RG.2.2.18337.97125.
18. Hsu, H. J., Feng, Z. H., Hsu, G. F., & Kang, Q. Z. (1992). Survey of Demodex infections in the elementary and middle school students in LongHai City. *Chinese Journal of Zoonoses*, 8 (4), 54.
19. Desch, C. E., & Hillier, A. (2003). *Demodex injai*: a new species of hair follicle mite (Acari: Demodecidae) from the domestic dog (Canidae). *Journal of Medical Entomology*, 40, 146–149. doi: 10.1603/0022-2585-40.2.146.
20. Gortel, K. (2006). Update on canine demodicosis. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 36 (1), 229–241. doi: 10.1016/j.cvsm.2005.09.003.
21. Kotelnikov, G. A. (1983). *Gelmintologicheskie issledovaniya zhivotnyh i okruzhajushhej sredy*. Moskva [In Russian].
22. Cherepanov, A. A., Moskvina, A. S., Kotelnikov, G. A., & Hrenov, V. M. (1999). *Differencialnaja diagnostika gelmintozov po morfologicheskoj strukture jaic i lichinok vzbuditelej*. Moskva [In Russian].
23. Bindari, Y. R., Shrestha, S., & Shrestha, M. N. (2012). Prevalence of mange infestation in canines of Kathmandu valley. *International Journal of Veterinary Science*, 1 (1), 21–25. doi: 10.3126/ijasbt.v3i3.13218.
24. Tsai, Y. J., Chung, W. C., Wang, L. C., Ju, Y. T., Hong, C. L., Tsai, Y. Y., Li, Y. H., & Wu, Y. L. (2011). The dog mite, *Demodex canis*: prevalence, fungal co-infection, reactions to light, and hair follicle apoptosis. *Journal of Insect Science*, 11, 76. doi: 10.1673/031.011.7601.
25. Chatterjee, A., Chattopadhyay, D., Gupta, D. N., & Chakrabarti, A. (1980). An unusual association of *Trichophyton mentagrophytes* and *Demodex canis* in a mongrel dog with multiple kerions. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 74 (1), 101–102. doi: 10.1080/00034983.1980.11687317.
26. Chee, J. H., Kwon, J. K., Cho, H. S., Cho, K. O., Lee, Y. J., Abd El-Aty, A. M., & Shin, S. S. (2008). A survey of ectoparasite infestations in stray dogs of Gwang-ju City, Republic of Korea. *Korean Journal of Parasitology*, 46 (1), 23–27. doi: 10.3347/kjp.2008.46.1.23.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Євстаф'єва В. О., Личман А. С. Особливості перебігу демодекозу у складі гельмінтозів травного каналу собак. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 161–166.

© Євстаф'єва Валентина Олександрівна, Личман Аліна Сергіївна, 2020

TREATMENT EFFECTIVENESS OF ANTIHELMINTHIC PREPARATIONS FOR GOAT DIGESTIVE TRACT STRONGYLATOSES

V. V. Melnychuk*

ORCID  [0000-0003-1927-1065](https://orcid.org/0000-0003-1927-1065)

I. V. Chubarov

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: melnychuk86@ukr.net

Digestive tract strongylatoses are the most widely spread diseases in the nosological structure of parasitic diseases of wild and domestic ruminants, including goats (*Capra hircus* Linnaeus, 1758). The representatives of *Strongylata* sub-species (Railliet et Henri, 1913) in case of parasitizing in the organism can cause irreversible processes negatively affecting both the productivity and animal health on the whole. That is why the question of studying the effectiveness of anti-helminthic preparations available on the pharmaceutical market of our country is important. Despite a considerable number of anti-helminthic means, it is often difficult for practicing veterinary doctors to choose highly effective and not expensive preparation. In this connection the aim of our study was to estimate anti-helminthic effectiveness of the preparations of benzimidazol chemical group ("Albendazol-250", "10 % Albendazol suspension", and "10 % Albendazol for injections") for the treatment of goat digestive tract strongylatoses taking into account the way of their administration. For the experiments studying the indices of anti-helminthic effectiveness, 4 groups of goats (3 experimental and 1 control one) were formed at the average intensity of strongylatosis invasion from 59.33 ± 9.38 to 70.67 ± 11.25 eggs/g of feces. The preparations used in the experiments were given to the diseased animals in accordance with recommendation in supplementary sheet. It was established that the studied preparations had anti-helminthic effect as to causative agents of goat digestive tract strongylatoses (EE – 50–100 %, IE – 87.53–100 %). It was proven that the preparations' effectiveness depended on the way of their administration. "10 % Albendazol for injections" turned out to be the most effective (EE and IE 100 %); it was injected to animals intra-muscularly only one time at a dose of 0.5 ml / 10 kg of body weight. "10 % Albendazol suspension" was less effective (EE – 83.33 %, IE – 93.99 %); it was individually watered to the animals. Administering "Albendazol-250" in tablets to the diseased goats had the lowest indices of effectiveness (EE – 50.00 %, IE – 87.53 %). Thus, the data obtained by us have important theoretical and practical value as they enable practicing veterinary doctors to choose anti-helminthic preparation for the treatment goat digestive tract strongylatoses invasion taking into account the effectiveness of preparations.

Keywords: goats, digestive tract strongylatoses, treatment, anti-helminthic preparations, EE, IE.

ЛІКУВАЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АНТИГЕЛЬМІНТНИХ ЗАСОБІВ ЗА СТРОНГІЛЯТОЗІВ ТРАВНОГО КАНАЛУ КІЗ

В. В. Мельничук, І. В. Чубаров,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Стронгільятози травного каналу найбільш поширені захворювання в нозологічній структурі паразитарних хвороб диких та домашніх жуйних тварин, зокрема й кіз (*Capra hircus* Linnaeus, 1758). Представники підряду *Strongylata* (Railliet et Henri, 1913) за умови паразитування в організмі здатні призводити до необоротних процесів, що негативно впливають як на продуктивність, так і на здо-

ров'я тварин загалом. Саме тому важливим залишається питання вивчення ефективності антигельмінтних засобів, наявних на фармацевтичному ринку ветеринарних препаратів нашої держави. Незважаючи на значний арсенал антигельмінтних засобів, практикуючим фахівцям ветеринарної медицини часто важко зорієнтуватися при виборі високоефективного та недорогого препарату. Зважаючи на вищенаведене, метою дослідження є оцінка антигельмінтної ефективності препаратів хімічної групи бензімідазолу («Альбендазол-250», «Альбендазол 10 % суспензія» та «Альбендазол ін'єкційний 10 %») за наявності стронгілятозів у травному каналі кіз, ураховуючи їх спосіб задавання. У досліді з визначення показників антигельмінтної ефективності сформовано 4 групи кіз (3 дослідних та 1 контрольну) за умови середньої інтенсивності стронгілятозної інвазії від $59,33 \pm 9,38$ до $70,67 \pm 11,25$ яєць /г фекалій. Використовувані в досліді препарати застосовували хворим тваринам згідно з рекомендаціями наведеними в листівках-вкладках. Встановлено, що досліджувані препарати мають антигельмінтні властивості відносно збудників стронгілятозів травного каналу кіз (ЕЕ – 50–100 %, ІЕ – 87,53–100 %). Доведено, що ефективність препаратів залежала від способу задавання. Найбільш ефективним (ЕЕ і ІЕ 100 %) виявився препарат «Альбендазол ін'єкційний 10 %», який застосовували тваринам шляхом внутрішньом'язової ін'єкції в дозі 0,5 мл/10 кг маси тіла одноразово. Менш ефективним виявилось застосування хворим тваринам препарату «Альбендазол 10 % суспензія» шляхом індивідуального випоювання (ЕЕ – 83,33 %, ІЕ – 93,99 %). Задавання хворим козам препарату «Альбендазол-250» у вигляді таблеток мало найнижчі показники ефективності (ЕЕ – 50,00 %, ІЕ – 87,53 %). Отже, отримані дані мають важливе теоретичне та практичне значення, оскільки дають змогу практикуючим лікарям ветеринарної медицини здійснити обґрунтований підбір антигельмінтиків у разі інвазії кіз стронгілятозами травного каналу зважаючи на їх ефективність.

Ключові слова: кози, стронгілятози травного каналу, лікування, антигельмінтні препарати, екстенс- та інтенсефективність.

ЛЕЧЕБНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИГЕЛЬМИНТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ СТРОНГИЛЯТОЗАХ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА КОЗ

В. В. Мельничук, И. В. Чубаров,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Стронгилятозы пищеварительного канала – наиболее распространенные заболевания в нозологической структуре паразитарных болезней домашних коз (*Capra hircus* Linnaeus, 1758). Представители подрода *Strongylata* (Railliet et Henri, 1913) при паразитировании в организме хозяина способны вызвать необратимые процессы, негативно влияют как на производительность, так и на здоровье животных в целом. Поэтому важным остается вопрос изучения эффективности антигельминтных средств, присутствующих на рынке ветеринарных препаратов. В связи с вышеизложенным целью исследования было оценить эффективность антигельминтных препаратов химической группы бензимидазола («Альбендазол-250», «Альбендазол 10 % суспензия» и «Альбендазол инъекционный 10 %») при стронгилятозах пищеварительного тракта коз. Установлено, что исследуемые препараты обладают нематотическими свойствами в отношении возбудителей стронгилятозов пищеварительного канала коз (ЭЭ – 50–100 %, ИЭ – 87,53–100 %). Наиболее эффективным (ЭЭ и ИЭ 100 %) оказался препарат «Альбендазол инъекционный 10 %».

Ключевые слова: козы, стронгилятозы пищеварительного тракта, лечение, антигельминтные препараты, экстенс- и интенсефективность.

Домашняя коза (*Capra hircus* Linnaeus, 1758) – вид парнокопитных, одна з перших тварин, що була приручена людиною. Тривалий час цих тварин люди розводили з метою отримання молока, м'яса, вовни і шкіри [1–3]. Згідно з літературними даними, молоко, отримане від кіз, вважається дуже поживним і набагато кориснішим для людей, ніж коров'яче [4, 5].

І нині інтерес до козівництва невпинно зростає. Усе більше стає козиних ферм різної форми власності та різних потужностей, які пропагують здорове харчування на основі козиного молока. Варто зазначити, що окрім козиного молока також вагомим попитом як у світовому масштабі, так і в Україні користуються сири, виготовлені з козиного молока [6–8].

Водночас галузь має і свої проблеми у вигляді інвазійних захворювань кіз, зокрема на стронгілятози травного каналу. Стронгілятози травного тракту в домашніх та диких жуйних є найбільш поширеними гельмінтозами як на території України, так і світу загалом [9–16].

Загальновідомо, що всі гельмінтози завдають організму тварин значної шкоди, а саме: хворий молодняк відстає в рості та розвитку, у тварин реєструють розлади з боку травної системи, втрачаються племінні та господарські якості тварин, від самок недоотримують приплід, молодняк народжений від хворих тварин є ослабленим та подекуди гине [17–19].

За літературними даними відомо, що найбільш ефективними з метою боротьби з паразитарними інвазіями тварин, зокрема й кіз вважаються дегельмінтизаційні заходи. При цьому використовують антигельмінтні препарати на основі різних хімічних речовин та їх сполук [20, 21]. Також за даними науковців, наявні протипаразитарні препарати мають різний ступінь антигельмінтної ефективності щодо різних видів нематод [11, 19–23].

Зважаючи на вищенаведене, важливим залишається питання вивчення ефективності антигельмінтних препаратів щодо стронгілятозів травного каналу кіз та є актуальним напрямом роботи.

Мета роботи полягала у з'ясуванні ефективності антигельмінтних препаратів з групи бензімідазолу за наявності стронгілятозів у травному тракті кіз. Серед *завдань* досліджень: дослідним шляхом визначити лікувальну ефективність антигельмінтних препаратів за наявності стронгілятозів у травному тракті кіз залежно від способу задавання.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в літньо-осінній період 2019 р. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавської державної аграрної академії.

Експериментальні дослідження проводили в умовах одноосібних селянських господарств (ОСГ) Онуфріївського району Кіровоградської області на козах «місцевих» порід віком від 2 до 5 років, спонтанно інвазованих збудниками стронгілятозів травного каналу середньої інтенсивності інвазії – від $59,33 \pm 9,38$ до $66,67 \pm 6,34$ яєць у 1 г фекалій (ЯГФ). Інвазованість тварин визначали за кількісним методом В. Н. Трача (1992) [24].

Було сформовано три дослідні й одну контрольну групи тварин по шість голів у кожній:

- *Козам першої дослідної групи* (П – $66,67 \pm 6,34$ ЯГФ) згодовували індивідуально таблетки «Альбендазол-250» / таблетка (1 г) містить діючу речовину: альбендазол – 250 мг / (ПрАТ «ВНП «Укрзооветпромпостач», Україна) у дозі 0,2 г/10 кг маси тіла одноразово.
- *Козам другої дослідної групи* (П – $59,33 \pm 9,38$ ЯГФ) випоювали індивідуально препарат «Альбендазол 10 % суспензія» / 1 мл препарату містить діючу речовину: альбендазол – 100 мг / (ПП «O.L.KAR-АгроЗооВет-Сервіс», Україна) з водою до початку вранішньої годівлі в дозі 0,5 мл / 10 кг маси тіла одноразово.
- *Козам третьої дослідної групи* (П – $61,33 \pm 10,05$ ЯГФ) вводили внутрішньом'язево препарат «Альбендазол ін'єкційний 10 %» / 100 мл препарату містить діючу речовину: альбендазол – 10 г / (ВФ «Базальт», Україна) в дозі 0,5 мл/10 кг маси тіла шляхом одноразового внутрішньом'язевого введення.
- *Кіз контрольної групи* (П – $70,67 \pm 11,25$ ЯГФ) під час досліді не лікували.

Ефективність лікарських засобів з'ясовували на 7 та 14 добу після їх застосування. Головними показниками дії препаратів були екстенсефективність (ЕЕ) та інтенсефективність (ІЕ).

Результати досліджень та їх обговорення

За даними загальноклінічних спостережень встановлено, що після застосування антигельмінтних засобів побічних явищ у кіз упродовж досліді не виявлено. Дослідження свідчать, що всі використані в експерименті препарати мали протипаразитарні властивості відносно збудників стронгілятозів травного каналу кіз. Водночас їх ефективність залежала від шляху введення лікарського засобу (парентерально чи ентерально).

Аналізуючи показники ефективності використовуваних у досліді препаратів, встановлено, що найдієвішим (ЕЕ, ІЕ – 100 %) виявилось використання препарату «Альбендазол ін'єкційний 10 %», який застосовували козам одноразово шляхом внутрішньом'язевого введення.

1. Терапевтична ефективність антигельмінтних засобів за наявності стронгілятозів у травному каналі кіз, n=6

Групи кіз, препарат	Показники ефективності, %	Після обробки, доба	
		7-ма	14-та
Перша, Альбендазол-250 (таблетки)	ЕЕ	50,00	50,00
	ІЕ	79,36	87,53
Друга, Альбендазол 10 % суспензія	ЕЕ	66,67	83,33
	ІЕ	86,56	93,99
Третя, Альбендазол ін'єкційний 10 % розчин	ЕЕ	83,33	100,00
	ІЕ	87,76	100,00

На 7-му добу досліді ЕЕ препарату становила 83,33 % за ІЕ – 87,76 %, на 14-ту добу ці показники зросли до 100,00 % відповідно.

Менш ефективним виявилось використання препарату «Альбендазол 10 % суспензія», який застосовували шляхом одноразового індивідуального випоювання з водою. ЕЕ препарату становила на 7-му добу 66,67 %, за ІЕ 86,56 %, а на 14-ту добу досліді ЕЕ становила 83,33 %, за ІЕ 93,99 %.

Застосування препарату «Альбендазол-250» у вигляді таблеток мало найнижчі показники лікувальної ефективності. Показник ЕЕ препарату залишався незмінним протягом періоду досліді та становив 50,00 %. Водночас ІЕ засобу на 14-ту добу досліді незначно зросла й становила 87,57 % порівняно з показником на 7-му добу (79,36 %).

Аналізуючи показники екстенсивності стронгілятозної інвазії у процесі лікування кіз, встановлено, що в першій групі тварин на 7-му добу досліді ЕІ знизилася зі 100 % до 50 % й такою залишилася до кінця досліді. Кращі результати зареєстрували у другій дослідній групі кіз. Встановлено, що на 7-му добу показник ЕІ знизився до 33,33 % й на 14-ту добу до 16,67 %.

У третій групі кіз, починаючи з 7-ї доби, зафіксовано зниження показника ЕІ зі 100 % до 16,67 % й на 14-ту добу хворих тварин у дослідній групі виявлено не було.

Показники інтенсивності стронгілятозної інвазії у процесі лікування хворих кіз значно різнилися по дослідних групах.

У першій дослідній групі інтенсивність інвазії упродовж експерименту поступово знижувалася порівняно з показником до початку лікування ($67,67 \pm 6,34$ ЯГФ). На 7-му добу вона становила $14,67 \pm 7,06$ ЯГФ, а на 14-ту $9,33 \pm 1,33$ ЯГФ.

У другій дослідній групі кіз показник ІІ після задачі препарату знизився порівняно з показником до початку лікування ($59,33 \pm 9,38$ ЯГФ) та становив на 7-му добу – $8,50 \pm 0,50$ ЯГФ, та на 14-ту добу – 4,0 ЯГФ.

У третій групі кіз показник ІІ на 7-му добу досліді знизився з $61,33 \pm 10,05$ ЯГФ до 8 ЯГФ, на 14-ту добу яєць стронгілят у фекаліях дослідних тварин виявлено не було, що свідчило про повне звільнення організму тварин від збудників стронгілятозів травного каналу.

Отже, можна зробити висновок, що найбільш ефективним антигельмінтиком за наявності стронгілятозів у травному каналі кіз виявився «Альбендазол ін'єкційний 10 %» який, застосовували одноразово шляхом внутрішньом'язевого введення.

Згідно з літературними даними, над дослідженням показників лікувальної ефективності антигельмінтних засобів щодо нематодозів кіз в Україні працювало багато вчених [11, 19, 25, 26]. Значна кількість праць свідчить про підвищений інтерес науковців до цієї проблеми, а також до перспективності козівництва як прибуткової галузі в нашій державі. Саме тому проведені дослідження безумовно є актуальними. Унікальність цих досліджень полягає в тому, що нами порівняно ефективність антигельмінтних засобів з групи бензімідазолу залежно від способу задавання.

Зафіксовано, що ефективність препаратів групи бензімідазолу залежала від шляху введення (парентерально чи ентерально). Варто звернути увагу на те, що використання ентерального шляху введення антигельмінтиків у наших дослідіх мало найнижчий рівень ефективності. Такі ж дані щодо низького нематодоцидного ефекту препаратів цієї групи у разі застосування їх жуйним тваринам висвітлені у працях українських науковців [27–29].

Висновки

Встановлено, що досліджувані препарати «Альбендазол-250», «Альбендазол 10 % суспензія» та «Альбендазол ін'єкційний 10 %» мають антигельмінтні властивості за наявності стронгілятозів у тра-

вному каналі кіз. Найвищий рівень антигельмінтної ефективності (ЕЕ, ІЕ – 100 %) зареєстровано у разі застосування хворим козам препарату «Альбендазол ін'єкційний 10 %» шляхом внутрішньом'язової ін'єкції в дозі 0,5 мл/10 кг маси тіла одноразово.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні ефективності антигельмінтних препаратів хімічної групи макроциклічних лактонів за наявності стронгілятозів у травному каналі кіз.

References

1. Zheng, Z., Wang, X., Li, M., Li, Y., Yang, Z., Wang, X., Pan, X., Gong, M., Zhang, Y., Guo, Y., Wang, Y., Liu, J., Cai, Y., Chen, Q., Okpeku, M., Colli, L., Cai, D., Wang, K., Huang, S., Sonstegard, T. S., Esmailzadeh A., Zhang, W., Zhang, T., Xu, Y., Xu, N., Yang, Y., Han, J., Chen, L., Lesur, J., Daly, K. G., Bradley, D. G., Heller, R., Zhang, G., Wang, W., Chen, Y., & Jiang, Y. (2020). *The origin of domestication genes in goats*. doi: 10.1101/2020.01.14.905505.
2. Geer, A. van der. (2008). *Capra hircus*, the domestic goat. *Animals in Stone*. doi: 10.1163/9789047443568_015.
3. Zeder, M. A. (2000). The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science*, 287 (5461), 2254–2257. doi: 10.1126/science.287.5461.2254.
4. Vladimirov, N. I., Chikalyov, A. I., & Gustokashin, K. A. (2016). *Molochnoe kozovodstvo*. Barnaul: RIO Altajskogo GAU [In Russian].
5. Harding, F. (1995). Milk from sheep and goats. *Milk Quality*, 97–101. doi: 10.1007/978-1-4615-2195-2_7.
6. Popović Vranješ, A. (2017). Production of hard goat cheese and goat whey from organic goat's milk. *Mljekarstvo*, 177–187. doi: 10.15567/mljekarstvo.2017.0302.
7. Ryzhkova, T. M., Diukareva, H. I., Kushch, M. M., & Havrylov, H. V. (2001). Novyi napriamok u pererobtsi moloka na miaki rozsilni syry. *Visnyk Donetskoho Natsionalnoho Universytetu Ekonomiky y Torhivli: Zbirnyk Naukovykh Prats*, 1 (9), 55–60 [In Ukrainian].
8. Ryzhkova, T. N. (2008). Natsionalnyi standart Ukrainy «Moloko syrovyna – kozyne». Tekhnichni umovy. DSTU: 2005. *Molochna promyslovist*, 2 (45), 43–45 [In Ukrainian].
9. Dovgij, Y. Y., Shendrik, L. I., Feshhenko, D. V., Bojko, A. A., & Faly, L. I., (2011). Nematody dykyh kopytnykh Ukraїny. *Visnyk Dnipropetrovskoho Universytetu: Seriya Biologiya, Medytsyna*, 2 (2), 29–33 [In Ukrainian].
10. Bohach, M. V., & Bondarenko, L. V. (2017). Epizootologiya stronhiliatoziv travnoho traktu ovets i kiz v hospodarstvakh Odeskoi oblasti. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria: Veterynarni nauky*, 83 17–20 [In Ukrainian].
11. Byrka, V. I., Prykhodko, Yu. O., Mazannyi, O. V., & Hilieva, M. I. (2013). Osoblyvosti epizootologiyi, diahnostyka ta borotba z trykhurozom i suputnyimi invaziyami dribnoi rohatoi khudoby pry sumisnomu utrymanni. *Naukovi pratsi Pivdennoho filialu Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy Krymskyi ahrotekhnologichnyi universytet. Ser.: Veterynarni nauky*, (151), 136–143 [In Ukrainian].
12. Melnychuk, V. V., & Kovalenko, V. A. (2018). Rasprostraneniye nematodozov zheludochno-kishechnogo trakta ovec na territorii hozyajstv Zaporozhskoy oblasti. *Veterinarnyj Zhurnal Belarusi*, 1 (8), 18–21 [In Russian].
13. Melnychuk, V. V. (2019). Epizootic situation of sheep digestive canal nematodosis in the conditions of the Central and South-Eastern regions of Ukraine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7 (3), 153–157. doi: 10.32819/2019.71027.
14. Charles, T. P. (1989). Seasonal Prevalence of Gastrointestinal nematodes of goats in Pernambuco state, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 30 (4), 335–343. doi: 10.1016/0304-4017(89)90103-9.
15. Suarez, V. H., Martínez, G. M., Viñabal, A. E., & Alfaro, J. R. (2017). Epidemiology and effect of gastrointestinal nematodes on dairy goats in Argentina. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 84 (1). doi: 10.4102/ojvr.v84i1.1240.
16. Barger, I. A., Siale, K., Banks, D. J. D., & Le Jambre, L. F. (1994). Rotational grazing for control of gastrointestinal nematodes of goats in a wet tropical environment. *Veterinary Parasitology*, 53 (1–2), 109–116. doi: 10.1016/0304-4017(94)90023-x.
17. Kolesnikov, V. I., Starikov, I. A., Chetvertnov, V. I., & Lokteva, M. S. (2001). E`konomicheskij ushherb prigel`mintoza. *Veterinary Medicine*, 10, 12 [In Russian].
18. Shcherbak, O. V., & Semenko, O. V. (2017). Plidnist kozematok za naiavnosti parazytarnykh khvorob. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, (54), 192–199 [In Ukrainian].

19. Byrka, V. I., Mazannyi, O. V., & Nikiforova, O. V. (2017). Eimeriozno-trykhurozna invaziia ovets (poshyrennia, proiav ta likuvannia). *Problemy Zoonzhenerii Ta Veterynarnoi Medytsyny*, 34 (2), 282–287 [In Ukrainian].
20. Borgsteede, F. H. M. (1993). The efficacy and persistent anthelmintic effect of ivermectin in sheep. *Veterinary Parasitology*, 50 (1–2), 117–124. doi:10.1016/0304-4017(93)90012-c.
21. Evans, M., & Sargison, N. (2019). Planning anthelmintic treatments to control gastrointestinal nematode infections in sheep. *Livestock*, 24 (Sup2), 4–8. doi:10.12968/live.2019.24.sup2.4.
22. Várady, M., Papadopoulos, E., Dolinská, M., & Königová, A. (2011). Anthelmintic resistance in parasites of small ruminants: sheep versus goats. *Helminthologia*, 48 (3), 137–144. doi:10.2478/s11687-011-0021-7.
23. Whitley, N., Schoenian, S., O'Brien, D., & Howell, S. (2018). PSVI-40 Anthelmintic Resistance Testing on Sheep Farms. *Journal of Animal Science*, 96 (suppl_3), 467–467. doi:10.1093/jas/sky404.1020.
24. Trach, V. N. (1992). *Rekomendacii po primeneniyu novogo metoda ucheta yaits gelmintov i cyst prostejschih v fekaliiakh zhyvotnykh*. Kiev [In Russian].
25. Byrka, V. I., & Mazannyi, O. V. (2015). Efektyvnist iveronu-10 za parazytotsenozu kiz. *Problemy Zoonzhenerii ta Veterynarnoi Medytsyny*, 30 (2), 209–212 [In Ukrainian].
26. Korchan, L. M. (2017). Antyhelminтна efektyvnist riznykh form ivermektynu za trykhurozu ta stronhiliatoziv shlunkovo-kyshkovoho traktu kiz. *Problemy Zoonzhenerii ta Veterynarnoi Medytsyny*, 35 (2), 60–64 [In Ukrainian].
27. Melnychuk, V. (2019). Effectiveness of modern anthelmintic agents for strongylatoses sheep digestive canal. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (95), 144–149. doi: 10.32718/nvlvet9527.
28. Melnychuk, V. V. (2019). Osoblyvosti terapevtychnoi dii suchasnykh likarskykh zasobiv za trykhurozu ovets. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 167–174. doi: 10.31210/visnyk2019.03.22 [In Ukrainian].
29. Shevchenko, T. S. (2019). Therapeutic efficiency of anthelmintics for trihcurosis of cattle. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7 (2), 111–114. doi: 10.32819/2019.71020.

Стаття надійшла до редакції 16.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Мельничук В. В., Чубаров І. В. Лікувальна ефективність антигельмінтних засобів за стронгілятозів травного каналу кіз. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 167–172.

© Мельничук Віталій Васильович, Чубаров Іван Васильович, 2020

original article | UDC 51-76:51-37:519.652:619:636.7:612.6:616.151.5 |
doi: 10.31210/visnyk2020.01.21

MONITORING AND PREDICTING THE HEMOSTATIC SYSTEM DYNAMIC CHANGES IN CASE OF DOG FEMALES' PREGNANCY

O. A. Dubova*

V. V. Karpyuk

A. A. Dubovyi

ORCID  [000-0002-8303-573X](https://orcid.org/000-0002-8303-573X)

ORCID  [0000-0003-3728-5698](https://orcid.org/0000-0003-3728-5698)

ORCID  [0000-0003-2341-1868](https://orcid.org/0000-0003-2341-1868)

Zhytomyr National Agro-Ecological University, 7, Staryi Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: oxdubova@gmail.com

Pregnancy of animals is accompanied by changes in all body systems to ensure optimum conditions for fetal development. Changes occur in the hemostatic system to ensure effective arrest of bleeding after childbirth. Injury of blood vessels is caused by the endotheliochorial placental type in dogs and is a starting factor for the development of hemostasiopathy. Due to these patterns, a thrombophilic state develops during pregnancy, which is in an unstable equilibrium. It was found that changes in hemostasis diagram during pregnancy met the criteria of blood disseminated intravascular coagulation (DIC) syndrome and determined its latent form. Establishing thrombocytopenia in the dynamics with an increase in spontaneous aggregation of blood plates is the grounds for diagnostics and also hypofibrinogenemia, an increase in the concentration of soluble fibrin-monomer complexes and degradation products of fibrinogen/fibrin – the obvious markers of DIC syndrome. During pregnancy, the main criteria for hemostasiopathy change, so it is impossible to establish the boundary between physiological and pathological changes without reference indicators. The system of monitoring and predicting dynamic changes in key indicators during dog pregnancy was tested. We used mathematical spline interpolation analysis, which enables to predict changes in indicators for a small number of key measurements: I – 20 days (embryo nidation), II – 40 days (maximum development of the placenta), III – 60 days (antenatal period). It was found that the changes were the most pronounced in all the parameters on the 40th day of measurements. Mathcad 15 IT-application enabled to create empirical and spline-interpolated (theoretical) graphs of changes in indicators, as well as to derive the equation of the cubic polynomial $f(x)$, where x is the argument (day of measurements), $f(x)$ – the value of the function (indicator). It was established that two periods were theoretically predicted in which indicator extremes were manifested – the 4th–12th and 48th–56th days. Mathematical equations for the dependence of dynamic changes in key indicators were calculated and they can be used to determine the reference values on a specific day of dog female pregnancy. If the values go beyond the measurement error, they indicate the development of processes that can result in increasing the intensity of DIC syndrome, which is very dangerous concerning prognostication and can threaten the life of the animal.

Key words: hemostatic system, pregnancy, dog female, DIC syndrome, mathematical spline interpolation analysis.

МОНІТОРИНГ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН СИСТЕМИ ГЕМОСТАЗУ ПІД ЧАС ВАГІТНОСТІ СОБАК

О. А. Дубова, В. В. Карпюк, А. А. Дубовий,

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна

Вагітність тварин супроводжується змінами в усіх системах організму, зокрема в системі гемостазу. Травмування кровоносних судин, зумовлене ендотеліохоріальним типом плаценти в собак, є пусковим фактором розвитку гемостазіопатії. Під час вагітності розвивається тромбофілічний стан, що перебуває в нестійкій рівновазі. З'ясовано, що зміни гемостазіограми відповідають критеріям синдрому дисемінованого внутрішньосудинного згортання (ДВЗ) крові, визначають його приховану форму. Підставою діагностики є встановлені в динаміці тромбоцитопенія з наростанням спонтанної агрегації кров'яних пластинок, гіпофібриногенемія, зростання концентрації розчинних фібрин-мономерних комплексів та продуктів деградації фібриногена/фібрину – беззаперечних маркерів синдрому ДВЗ. Під час вагітності основні маркери змінюються, тому неможливо без референтних показників встановити межі між фізіологічними зрушеннями й патологічними змінами. Проведено апробацію системи моніторингу та прогнозування динамічних змін ключових показників під час вагітності собак. Математичний сплайн-інтерполяційний аналіз дає змогу провести прогнозування змін показників за малої кількості вузлових вимірювань: I – 20 діб (нідація зародку), II – 40 діб (максимальний розвиток плаценти), III – 60 діб (передпологовий період). Встановлено, що найяскравіше зміни виражені за усіма параметрами на 40-у добу вимірювань. ІТ-додаток Mathcad 15 створив емпіричний та сплайн-інтерпольований (теоретичний) графіки змін показників, а також вивів рівняння кубічного багаточлена $f(x)$, де x – доба вимірювань, $f(x)$ – значення показника. Теоретично прогнозованими є два періоди, у які проявляються екстремуми показників – 4–12 та 48–56 доба. Розраховані математичні рівняння залежності динамічних змін ключових показників можуть бути використані для визначення референтних значень у конкретну добу вагітності суки. Вихід значень за межі похибки вимірювань свідчить про розвиток процесів, що можуть спровокувати наростання інтенсивності синдрому ДВЗ, який дуже небезпечний у прогностичному відношенні і може становити загрозу життю тварини.

Ключові слова: система гемостазу, вагітність, самки собак, синдром ДВЗ, математичний сплайн-інтерполяційний аналіз.

МОНІТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА ПРИ БЕРЕМЕННОСТИ СОБАК

О. А. Дубова, В. В. Карпюк, А. А. Дубовой,

Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина

Беременность собак сопровождается изменениями в системе гемостаза. Сдвиги соответствуют синдрому ДВС крови, его скрытой форме. Основание диагностики – тромбоцитопения с увеличением спонтанной агрегации тромбоцитов, гипофибриногенемия, возрастание концентрации РФМК и ПДФ. Из-за изменений основных маркеров установить границы между физиологическими сдвигами и патологией невозможно без референтных показателей. Математический сплайн-интерполяционный анализ позволяет провести прогнозирование таких изменений при малом количестве узловых измерений. ИТ-приложение Mathcad 15 создает эмпирический и теоретический графики, а также выводит уравнение зависимости значения показателя от суток измерения. Это можно использовать для определения референтных значений в конкретные сутки беременности. Выход значений за пределы погрешности измерений определяет развитие процессов, которые могут спровоцировать нарастание интенсивности синдрома ДВС.

Ключевые слова: система гемостаза, беременность, самки собак, синдром ДВС, математический сплайн-интерполяционный анализ.

Вступ

Під час перебігу вагітності відбуваються функціональні зміни в усіх системах організму. Не є винятком і система гемостазу, яка перебудовується для організації ефективного післяпологового гемостазу [12, 16, 21, 23]. Притаманний для собак ендотеліохоріальний тип плаценти характеризується проникненням ворсин хоріону плода до ендотеліальної вистілки судин. Отже, під час пологів у процесі відділення плаценти судини плацентарного майданчику травмуються частково. Пошкодження стінки кровоносних судин є одним з пускових факторів та посідає провідне місце в патогенезі гемостазіопатії [11, 14, 16, 22, 24].

Фізіологічна вагітність супроводжується тромбофілічним станом [9, 10, 12]. Унаслідок цього виникають локальні процеси внутрішньосудинної коагуляції, що є потенційною небезпекою тромбоемболічних ускладнень та дисемінованої коагуляції [14, 16]. Як свідчать дослідження, надмірне утворення мікрокоагулянтів може виникнути за наявності сприятливих умов і спричиняє ускладнення вагітності. Розлади гемостазу, що мають вторинне походження, найчастіше проявляються як набута гемостазіопатія – синдром дисемінованого внутрішньосудинного згортання крові (ДВЗ). Своєчасне виявлення цього процесу допомагає вчасно застосувати профілактичні заходи та не допустити його бурхливий розвиток, що може призвести як до переривання вагітності, так і загибелі вагітної самки [9, 20, 23, 26].

Відомо, що критеріями діагностики синдрому ДВЗ є декілька основних показників: кількість тромбоцитів, їх спонтанна агрегація, концентрація фібриногену та його метаболітів – розчинних фібринономерних комплексів (РФМК) та продуктів деградації фібриногена/фібрину (ПДФ) [3, 6, 23, 25].

Мета роботи – встановити шляхом застосування математичних методів моніторингу і прогнозування межі рівня основних критеріїв діагностики синдрому ДВЗ під час фізіологічного перебігу вагітності.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили 2017–2019 рр. на вагітних суках різних порід вікової групи 2–5 років ($n=30$). Для порівняння отриманих показників було створено групу клінічно здорових невагітних сук по кількості 30 тварин (контрольна група).

Оцінку стану гемостазу вагітних сук проводили на різних стадіях вагітності: I період – 20 діб (нідація зародку), II період – 40 діб (максимальний розвиток плаценти), III період – 60 діб (передпологовий період) [2].

Для досліджень використовували кров, стабілізовану 3,8 % розчином натрія цитрату у співвідношенні 4 : 1. Вибір саме цього стабілізатору зумовлений його мінімальним впливом на фактори гемостазу [3, 6].

Кількість тромбоцитів підраховували пробірковим методом колориметрично, як розбавник використовували 1 % розчин амонію оксалату, підфарбований метиленовим синім.

Функціональну активність тромбоцитів оцінювали за спонтанної їх агрегації за методом Н. І. Тарасової [3].

Вміст фібриногену визначали клотинговим методом за Клаусом за допомогою коагулометра [6].

Виявлення РФМК проводили в тестах паракоагуляції: етаноловому та фосфатному для порівняння результатів та їх вірогідності [3, 7, 15, 17, 18].

Вміст ПДФ визначали методом твердофазного імуноферментного аналізу [18].

Визначення статистичних параметрів отриманих результатів проводили за допомогою ІТ-додатку Statistica 13.3. Порівняння середніх величин виконували, використовуючи t-критерій Ст'юдента на 5 %-му довірчому рівні.

Для виявлення математичних закономірностей змін основних діагностичних критеріїв створювали залежність, що має вигляд $f(x)$. Потреба в такій залежності виникає для наближеного обчислення результатів значень у проміжках між вузловими точками виміру, що дає змогу проводити моніторинг найбільш значущих величин. Для цього користувалися одномірним сплайн-інтерполяційним аналізом із застосуванням пакету прикладних програм Mathcad 15 Professional [1, 4, 5].

Результати досліджень та їх обговорення

З теорії ймовірностей відомо, що для кожної спостережуваної події будь-якого простору елементарних подій можна визначити, принаймні теоретично, її ймовірність – число, яке становить, у деякому розумінні, міру вірогідності цієї події і підпадає під природні вимоги [1, 5].

Дослідження динамічних клінічних процесів зазвичай проводиться у критичні моменти перебігу захворювання (3–5 разів). У таких випадках не завжди вдається застосувати регресійний аналіз або показники його будуть неадекватними. Яким чином встановити прогнозні значення тих чи тих вели-

чин у проміжках між критичними моментами? Ми застосували метод одномірного сплайн-інтерполяційного аналізу – обчислення результатів значень функції у проміжках між вузловими точками вимірів [1, 4]. Результати щодо використання цього методу у ветеринарній медицині для динамічного дослідження процесів нам невідомі.

Значення методу нагадують криву, що утворюється, якщо між вузловими точками зігнути лінійку. Сплайн-інтерполяція проходить кривою крізь точкову множину. Ця крива збірна, а багаточлени, що описують складові кривої, натягнуті разом у вузлах, щоб формувати закінчену криву [1, 4, 5].

За умови вивчення основних параметрів синдрому ДВЗ упродовж вагітності собак ми мали наявні 4 вузли – виміри до вагітності, на 20-у, 40-у та 60-у добу. Отже, залежність показників від терміну вагітності буде описуватися кубічним багаточленом, який має вигляд:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d,$$

де x – термін вагітності, $f(x)$ – значення параметра.

Створюються дві матриці вихідних даних – термін дослідження (аргумент) і значення параметра (функція). Обов'язкова наявність 4-х значень. За допомогою матриць (4x4) вводяться формули розрахунків коефіцієнтів кубічного багаточлена. Програма розраховує їх автоматично. Окрім того, необхідно ввести параметри меж аргументу, які, ймовірно, будуть розраховуватись. Програма вираховує екстремуми (максимум та мінімум), тобто корені кубічного багаточлена. Згідно з отриманими даними, програма створює графіки – емпіричний і теоретичний, тобто сплайн-інтерпольований [4].

Для визначення математичних закономірностей змін основних параметрів, що є критеріями гемостазіопатії як синдрому ДВЗ, ми використали отримані дані лабораторних досліджень (табл. 1).

1. Динаміка показників критеріїв діагностики синдрому ДВЗ у різні періоди вагітності собак, $M \pm m$

Показник	Періоди вагітності			Контроль (n=30)
	I (n=15)	II (n=22)	III (n=15)	
Кількість тромбоцитів, Г/л	347 ± 85,3	198 ± 21,4*	132 ± 19,1***	293,4 ± 14,2
Спонтанна агрегація тромбоцитів, %	30,6 ± 5,8	46,8 ± 9,0***	58,1 ± 9,7**	17,3 ± 2,1
Концентрація фібриногену, г/л	2,0 ± 0,4	0,88 ± 0,15	1,2 ± 0,6	2,5 ± 0,4
РФМК – етаноловий тест	0,3 ± 0,12	0,89 ± 0,09***	0,77 ± 0,1***	0,15 ± 0,01
РФМК – фосфатний тест	1,32 ± 0,27*	3,27 ± 0,42***	2,96 ± 0,35***	0,5 ± 0,02
ПДФ, г/л	0,18 ± 0,032*	0,29 ± 0,026***	0,24 ± 0,04***	0,08 ± 0,02

Примітки: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ відносно показників у контрольній групі.

Як видно з отриманих даних (табл. 1), кількість кров'яних пластинок упродовж вагітності дещо наростала в I період, а надалі рівномірно знижувалася.

Показник спонтанної агрегації тромбоцитів збільшувався лінійно.

Отже, тромбофілічний стан та передумови для тромбоутворення підтверджені. Водночас зниження кількості тромбоцитів до кінця вагітності характеризує тромбоцитопенію і визначає «споживання» цих формених елементів, що характерно для синдрому ДВЗ стадії коагулопатії споживання. Мають місце різноспрямовані зрушення – тромбофілічний стан на фоні тромбоцитопенії, що є патогномонічним для синдрому ДВЗ [8].

Рівень фібриногену у вагітних собак прогресивно знижується до завершення II періоду досліджень і дещо зростає до завершення вагітності, хоча залишається низьким ($p > 0,05$). Зниження концентрації фібриногену може бути пов'язане зі споживанням його у процесі внутрішньосудинного згортання крові, а також зі зміною його якості. За даними [12, 13], з прогресуванням вагітності збільшується вміст РФМК, що свідчить про наявність у крові тромбіну і слугує одним з критеріїв гіперкоагулемії [9, 19, 27, 28].

Концентрація РФМК послідовно зростає до завершення II періоду і дещо знижується до моменту настання пологів, хоча залишається достовірно високою.

Зважаючи на те, що РФМК утворюються внаслідок метаболізації фібриногену тромбіном [17, 18], зниження рівня фібриногену може відповідати заблокуванню його у РФМК, концентрація яких достовірно збільшується.

Іншим шляхом метаболізації фібриногену є розчинення його плазміном з формуванням у процесі фібринолізу ПДФ [13, 19, 28].

У наших дослідженнях рівень ПДФ динамічно зростає під час перебігу вагітності собак.

Отже, ми можемо стверджувати, що за перебігу вагітності зміни в системі гемостазу сук відповідають наявності гемостазіопатії як синдрому ДВЗ. Водночас ми не спостерігаємо яскраво виражених клінічних ознак, а також патологічних станів, що спричиняються гемостазіопатією. Тому можна припустити, що синдром таки є, і це доводить наявність його критеріїв діагностики (тромбоцитопенія, збільшення агрегаційної здатності тромбоцитів, гіпофібриногенемія, зростання беззаперечних маркерів ДВЗ – РФМК та ПДФ). Він перебуває в перехідній стадії – коагулопатії споживання, про що свідчать різноспрямовані зрушення в коагулограмі, доведені в наших попередніх дослідженнях [2, 8], а також має латентну форму. Такий статус гемостазу вагітної суки свідчить про стан нестійкої рівноваги, яка може бути зрушена будь-яким патогенним стимулом, що приведе до бурхливого розвитку клінічно вираженого синдрому ДВЗ.

Зважаючи на приховану небезпеку процесу, постає необхідність моніторингу основних показників синдрому ДВЗ.

Для визначення показників у проміжні періоди слугують рівняння залежності, виведені завдяки математичному аналізу одномірної сплайн-інтерполяції (табл. 2).

2. Рівняння інтерполяційного кубічного багаточлена

Параметри	n	Рівняння інтерполяційного кубічного багаточлена
Кількість тромбоцитів, Г/л	30	$f(x) = 0,007x^3 - 0,5x^2 + 11,2x + 293,4$
Спонтанна агрегація тромбоцитів, %	30	$f(x) = -3,2 \cdot 10^{-3}x^2 + 0,68x + 17,3$
Концентрація фібриногену, г/л	30	$f(x) = -0,006x^2 + 0,06x + 2,5$
Концентрація ПДФ, г/л	30	$f(x) = -0,0004x^2 - 0,002x + 0,08$
Концентрація РФМК (етаноловий тест), бали	30	$f(x) = 2,14 \cdot 10^{-5}x^3 + 1,57 \cdot 10^{-3}x^2 - 0,02x + 0,15$
Концентрація РФМК (фосфатний тест), бали	30	$f(x) = -7,8 \cdot 10^{-5}x^3 + 4,9 \cdot 10^{-3}x^2 - 0,06x + 0,5$

Виявлені залежності проілюстровані графіками сплайн-інтерполяції (рис. 1–6).

Згідно з отриманими розрахунками в динаміці досліджених показників під час вагітності визначаються два теоретичних екстремальних періоди: I – 4–12 доба, II – 48–56 доба. Перший період характеризується максимальним наростанням кількості тромбоцитів (12-а доба) та концентрації фібриногену (6-а доба), а також мінімальними значеннями продуктів метаболізму фібриногену – РФМК (4–7 доба) і ПДФ (1-а доба). Для II періоду притаманні найнижчі значення показників кількості тромбоцитів та концентрації фібриногену, а також найвищі значення концентрації ПДФ. Теоретичне значення цих параметрів може бути визначено за графіком або шляхом введення до рівняння багаточлена необхідного аргументу.

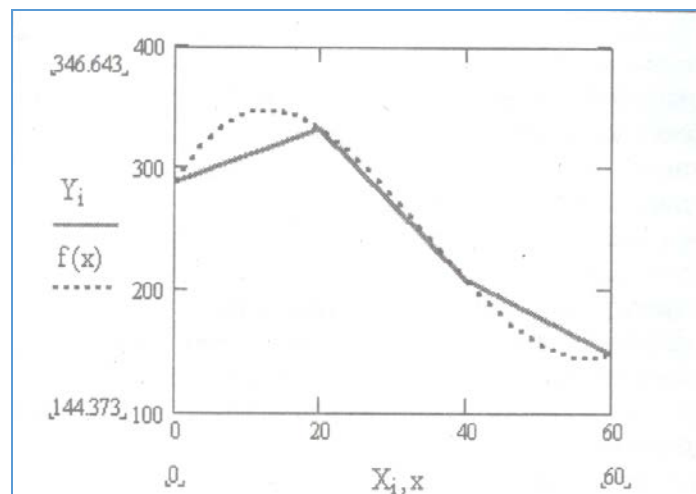


Рис. 1. Графік сплайн-інтерполяції динаміки кількості тромбоцитів (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

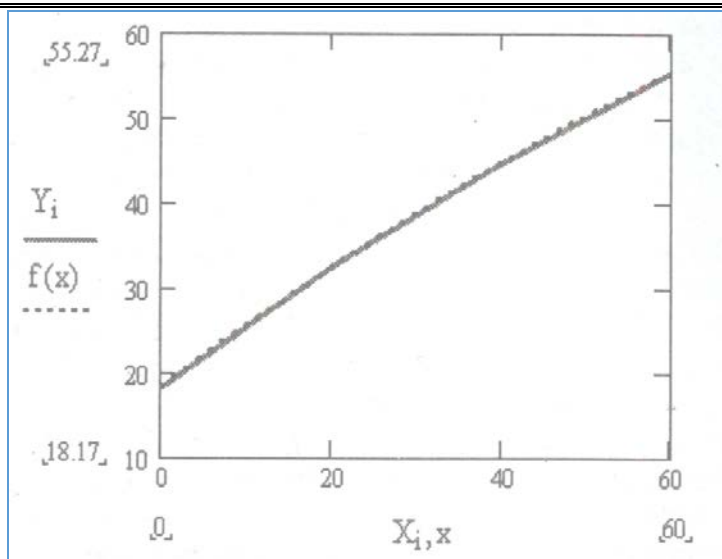


Рис. 2. Графік сплайн-інтерполяції динаміки спонтанної агрегації тромбоцитів (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

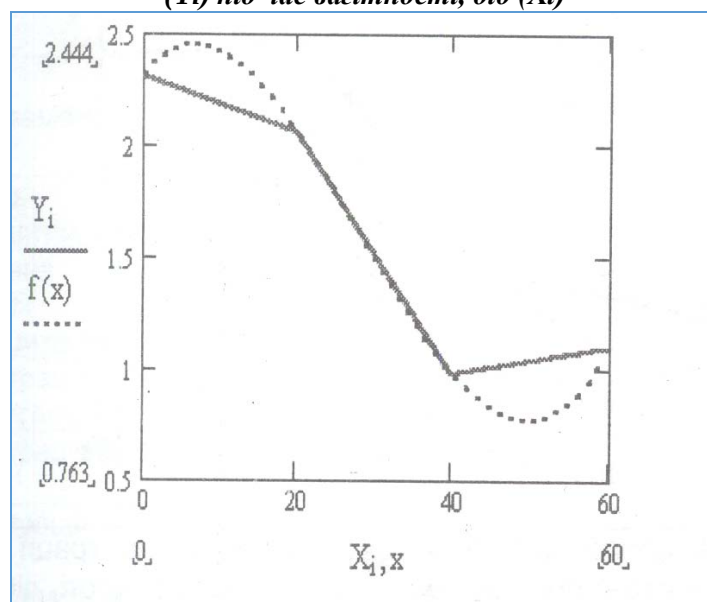


Рис. 3. Графік сплайн-інтерполяції динаміки рівня фібриногену (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

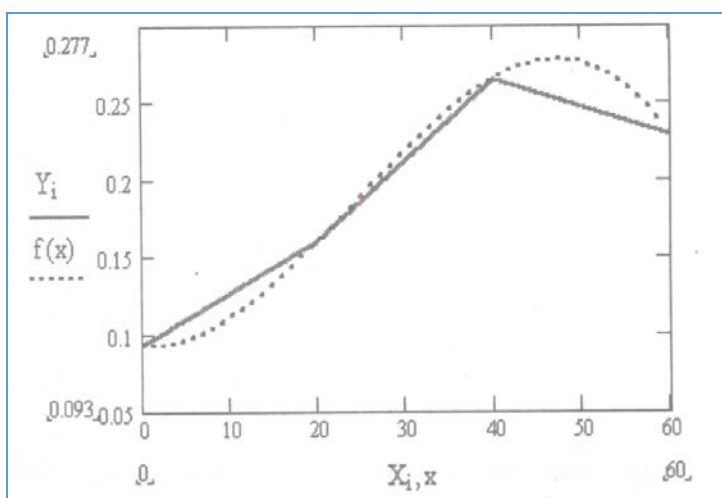


Рис. 4. Графік сплайн-інтерполяції динаміки концентрації ПДФ (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

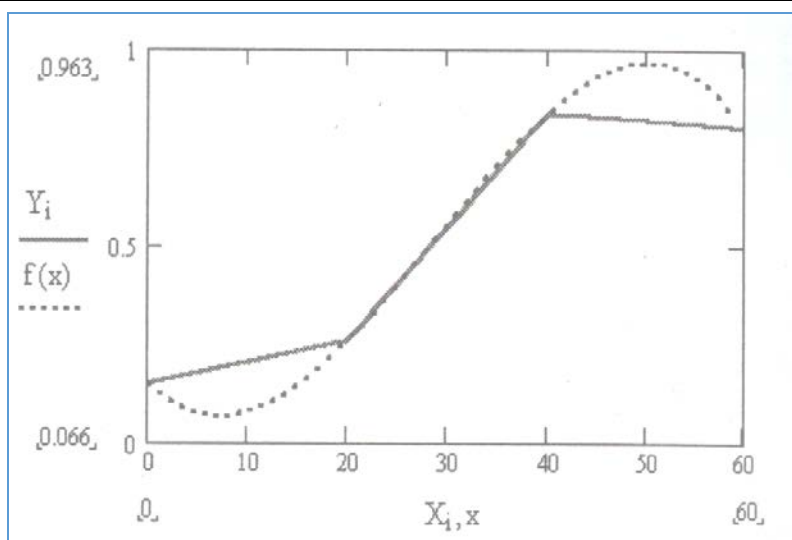


Рис. 5. Графік сплайн-інтерполяції динаміки концентрації РФМК у етаноловому тесті (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

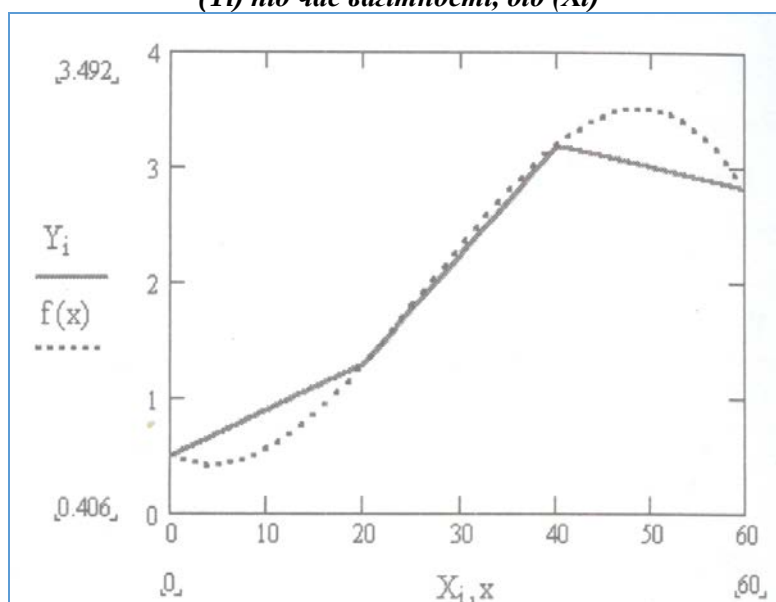


Рис. 6. Графік сплайн-інтерполяції динаміки конентрації РФМК у фосфатному тесті (Y_i) під час вагітності, діб (X_i)

Як видно з рис. 1–6, у вузлових точках вимірів емпіричний та інтерпольований графіки збігаються. З огляду на визначення, «вузли», що використовуються в одномірній сплайн-інтерполяції, – це ті значення, де індивідуальні багаточлени підганяються разом. На відміну від цього, в інших математичних методах «вузли» – місця нашпигування значень x [5].

Отже, використання сплайн-інтерполяційного аналізу для дослідження динаміки меж критеріїв діагностики синдрому ДВЗ у перебігу фізіологічної вагітності в собак дає змогу визначити теоретичні значення параметрів, що будуть імовірними за умови проведення досліджень між вузловими точками. Зважаючи на допустиму похибку експерименту, можна передбачити межі змін нормальних теоретичних параметрів. Вихід за ці межі може свідчити про розвиток прихованої патології. Беручи до уваги особливу небезпечність синдрому ДВЗ та його вторинний характер, своєчасне виявлення зрушень фізіологічно зумовлених параметрів дозволить розширити спектр діагностичного пошуку і ви-
найти причину, що привела до розладів з боку системи гемостазу і загрози розвитку гемостазіопатії.

Отримані в результаті сплайн-інтерполяції дані можуть бути використані для лінійного прогнозу – функції, що здатна передбачати дані, які перебувають поза існуючими.

Висновки

Зміни системи гемостазу за перебігу вагітності в собак якісно подібні за своїми характеристиками до показників тварин за перебігу синдрому ДВЗ крові. Зазначені зрушення є явищем фізіологічним, але наявність ДВЗ визначає стан нестабільного гомеостатичного балансу, який може бути порушений дією будь-якого стимулу як екзогенного, так і ендогенного походження. Основними та беззаперечними критеріями діагностики гемостазіопатії – синдрому ДВЗ є тромбоцитопенія споживання, збільшена агрегаційна здатність тромбоцитів, гіпофібриногенемія на фоні зростання рівня розчинних фібрин-мономерних комплексів та продуктів деградації фібриногену/фібрину. Використання одномірного сплайн-інтерполяційного аналізу динамічних процесів системи гемостазу під час вагітності в суку дає змогу виявити ймовірні значення критеріїв діагностики синдрому ДВЗ у будь-який час перебігу вагітності. Визначення параметрів досягається шляхом використання рівнянь кубічного багаточлена, наведених у таблиці. Відхилення дослідних значень від прогнозованих, ураховуючи похибки експерименту, свідчить про можливий розвиток прихованої патології, що спричиняє зрушення у систем гемостазу і вказує на загрозу розвитку синдрому ДВЗ крові гострої форми перебігу.

Перспективи подальших досліджень. Система моніторингу і прогнозування з використанням математичного сплайн-інтерполяційного аналізу може бути використана для оцінки будь-яких динамічних змін кожних конкретних показників у динаміці фізіологічного процесу – нормальної вагітності тварин. Застосування цього аналізу для інших динамічних процесів з використанням іншої кількості вузлових вимірів також доступне. Рівняння залежності може виражатися багатоступеневим поліномом і відображати актуальні результати.

References

1. Volkov, Yu. S. (2016). Obshaya zadacha polinomialnoj splajn-interpolyacii. *Trudy Instituta Matematiki i Mekhaniki UrO RAN*, 22 (4), 114–125. doi: 10.21538/0134-4889-2016-22-4-114-125 [In Russian].
2. Dubova, O. A. (2003). Syndrom dyseminovanoho vnutrishnosudynnoho zghortannia krovі pry vahitnosti i piometri u sobak. *Extended abstract of candidate's thesis*. Natsionalnyi ahrarnyi universytet, Kyiv [In Ukrainian].
3. Dubova, O. A., Soroka, N. M., & Kalynovskyi, G. M. (2005). *Laboratorna diahnozyka nabutykh rozladiv systemy hemostazu u sobak: navch. posibnyk*. Kyiv: NAU [In Ukrainian].
4. Itkin, V. Yu., & Kochueva, O. N. (2016). *Interpolyaciya i sglazhivanie dannyh v pakete MathLab: Uchebnoe posobie*. Moskva [In Russian].
5. Kotelina, N. O. (2016). Interpolyaciya s pomoshchu B-splajnovykh krivyh. *Vestnik Syktyvskarskogo Universiteta. Seriya 1. Matematika. Mehanika. Informatika*, (21), 3–8 [In Russian].
6. Yaretz, Yu. I., Novikova, I. A. (2014). *Laboratornye metody ocenki sistemy gemostaza: ucheb.-metod. posobie dlya studentov 4 kursa mediko-diaagnosticheskogo fakulteta med. vuzov*. Gomel: GomGMU [In Russian].
7. Adam, S. S., Key, N. S., & Greenberg, C. S. (2009). D-dimer antigen: current concepts and future prospects. *Blood*, 113 (13), 2878–2887. doi: 10.1182/blood-2008-06-165845.
8. Asakura, H. (2014). Classifying types of disseminated intravascular coagulation: clinical and animal models. *Journal of Intensive Care*, 2 (1). doi: 10.1186/2052-0492-2-20.
9. Bick, R. L. M. D., & Hoppensteadt, D. P. D. (n.d.). Disseminated intravascular coagulation in obstetrics, pregnancy, and gynecology: Criteria for diagnosis and management. *Hematological Complications in Obstetrics, Pregnancy, and Gynecology*, 1–54. doi: 10.1017/cbo9780511526978.002.
10. Bick, R. L. (2000). Syndromes of disseminated intravascular coagulation in obstetrics, pregnancy, and gynecology. *Hematology/Oncology Clinics of North America*, 14 (5), 999–1044. doi: 10.1016/s0889-8588(05)70169-6.
11. Boral, B. M., Williams, D. J., & Boral, L. I. (2016). Disseminated Intravascular Coagulation. *American Journal of Clinical Pathology*, 146 (6), 670–680. doi: 10.1093/ajcp/aqw195.
12. Dewan, F., Chowdhury, M. A., & Nessa, K. (2019). Thrombophilia in Pregnancy and Puerperium. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 18 (2), 178–183. doi: 10.3329/bjms.v18i2.40682.
13. Gaffney, P. J. (2006). Fibrin Degradation Products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 936 (1), 594–610. doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03547.x.

14. Gando, S., Levi, M., & Toh, C.-H. (2016). Disseminated intravascular coagulation. *Nature Reviews Disease Primers*, 2 (1). doi: 10.1038/nrdp.2016.37.
15. Harper, P. L., Theakston, E., Ahmed, J., & Ockelford, P. (2007). D-dimer concentration increases with age reducing the clinical value of the D-dimer assay in the elderly. *Internal Medicine Journal*, 37 (9), 607–613. doi: 10.1111/j.1445-5994.2007.01388.x.
16. Jonard, M., Ducloy-Bouthors, A. S., & Fourrier, F. (2016). Comparison of Two Diagnostic Scores of Disseminated Intravascular Coagulation in Pregnant Women Admitted to the ICU. *PLOS ONE*, 11 (11), e0166471. doi: 10.1371/journal.pone.0166471.
17. Koga, S. (2004). A novel molecular marker for thrombus formation and life prognosis—clinical usefulness of measurement of soluble fibrin monomer-fibrinogen complex (SF). *Rinsho Byori.*, 52 (4), 355–361.
18. Kogan, A., Filatov, V., & Kara, A. (2005). Determination of cross-linked fibrin degradation products using dd2-dd6 anti-d-dimer mab pair: a possible solution of d-dimer standard problem 10th congress of the european hematology association. *10th Congress of the European Hematology Association*. Stockholm, Sweden.
19. Nieuwenhuizen, W., & Medved, L. (2003). Molecular mechanisms of initiation of fibrinolysis by fibrin. *Thrombosis and Haemostasis*, 89 (03), 409–419. doi: 10.1055/s-0037-1613368.
20. Montagnana, M., Franchi, M., Danese, E., Gotsch, F., & Guidi, G. (2010). Disseminated Intravascular Coagulation in Obstetric and Gynecologic Disorders. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*, 36 (04), 404–418. doi: 10.1055/s-0030-1254049.
21. Ormesher, L., Simcox, L., Tower, C., & Greer, I. A. (2016). Management of inherited thrombophilia in pregnancy. *Women's Health*, 12 (4), 433–441. doi: 10.1177/1745505716653702.
22. Barić Rafaj, R., Kuleš, J., Selanec, J., Vrkić, N., Zovko, V., Zupančič, M., Trampuš, B. A., Matijatko, V., Crnočaj, M., & Mrljak, V. (2013). Markers of Coagulation Activation, Endothelial Stimulation, and Inflammation in Dogs with Babesiosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (5), 1172–1178. doi: 10.1111/jvim.12146.
23. Saraswat, A., Malhotra, J., Malhotra, N., & Bora, N. M. (2016). Disseminated Intravascular Coagulation (DIC) and Thrombocytopenia in Pregnancy. *Principles of Critical Care in Obstetrics*, 259–268. doi: 10.1007/978-81-322-2692-5_24.
24. Stokol, T. (2019). Disseminated Intravascular Coagulation: Concepts, Challenges, and Conundrums. *Advances in Small Animal Medicine and Surgery*, 32 (10), 1–3. doi: 10.1016/j.asams.2019.10.001.
25. Taylor, F., Toh, C.-H., Hoots, K., Wada, H., & Levi, M. (2001). Towards Definition, Clinical and Laboratory Criteria, and a Scoring System for Disseminated Intravascular Coagulation. *Thrombosis and Haemostasis*, 86 (11), 1327–1330. doi: 10.1055/s-0037-1616068.
26. Thachil, J., & Toh, C.-H. (2009). Disseminated intravascular coagulation in obstetric disorders and its acute haematological management. *Blood Reviews*, 23 (4), 167–176. doi: 10.1016/j.blre.2009.04.002.
27. Yatsenko, T. A., Rybachuk, V. M., Yusova, O. I., Kharchenko, S. M., & Grinenko, T. V. (2016). Effect of fibrin degradation products on fibrinolytic process. *The Ukrainian Biochemical Journal*, 88 (2), 16–24. doi: 10.15407/ubj88.02.016.
28. Zoia, A., Drigo, M., Simioni, P., Caldin, M., & Piek, C. J. (2017). Association between ascites and primary hyperfibrinolysis: A cohort study in 210 dogs. *The Veterinary Journal*, 223, 12–20. doi: 10.1016/j.tvjl.2017.03.008.

Стаття надійшла до редакції 17.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Дубова О. А., Картюк В. В., Дубовий А. А. Моніторинг та прогнозування динамічних змін системи гемостазу під час вагітності собак. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 173–181.

© Дубова Оксана Анатоліївна, Картюк Василь Варфоломійович, Дубовий Анатолій Андрійович, 2020


original article | UDC 619:636.7:591.436.087.7 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.22

CHANGES IN SOME DIAGNOSTIC PARAMETERS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE LIVER IN DOGS WHILE USING EPS “IMMUNOBACTERIN-D”

Zh. V. Rybachuk*

 ORCID  [0000-0003-2569-6721](https://orcid.org/0000-0003-2569-6721)
O. Ye. Galatyuk

 ORCID  [0000-0002-9720-0660](https://orcid.org/0000-0002-9720-0660)
Yu. S. Demchuk
A. A. Antonyuk

 ORCID  [0000-0001-6961-5204](https://orcid.org/0000-0001-6961-5204)
L. O. Solodka

 ORCID  [0000-0002-0914-7143](https://orcid.org/0000-0002-0914-7143)

Zhytomyr National Agro-Ecological University, 7, Staryi Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: zhrybachuk@ukr.net

The results of using the “Immunobacterin-D” enzyme-probiotic supplement to German shepherd breed dogs are presented in the article. It is found that the inclusion of 1 gram supplement to the morning feed dose per animal once a day for 14 days causes a positive effect on the dogs’ organism. Namely reliable ($P \leq 0.001$) decrease in alanine aminotransferase activity in dog blood serum of the experimental group as compared with indicators of the intact group from 24.86 ± 1.45 to 18.93 ± 1.8 U/l was observed after 14 days. During the next observation (up to 35 days) the tendency to the decrease was maintained. A decrease of 5.2 times in the activity of gamma glutamyltranspeptidase 14 days after applying the enzyme-probiotic supplement was reported. Besides, only 1.9 times decrease in the activity of GGTP was found in the serum of animals of the control group. No significant changes in the activity of alkaline phosphatase in the dog serum of the experimental and control groups were reported. We believe that such indicators of GGTP activity are indicative of intrahepatic bile stasis in the liver of animals. The decrease in the activity of AST, SGPT and GGTP in the serum of dogs who ate “Immunobacterin-D” with the feed was due to a decrease in the toxic loading of the liver because of active reproduction of symbiotic microflora and protease activity and inhibition of vital activity of pathogenic micro-flora in the intestine, as it is well known that phenol, cresol (formed by phenylalanine and tyrosine microflora) and scatol and indole (synthesized from tryptophan) are neutralized in the liver. It was also reported that the blood serum of experimental animals had significantly ($P \leq 0.001$) more calcium ions before including the “Immunobacterin-D” in the diet, but during the next month of observation, their number decreased and was almost identical to that in the control group. In this case, phosphorus content did not differ significantly from the control group and were within the physiological range. So, the dynamic, significant decrease ($P \leq 0.001$) of SGPT activity indicates the improvement of hepatocyte functioning, which is possibly stipulated by a decrease in antigenic and toxic liver loading as a result of the symbiotic effect of *Bac. subtilis* and *Bac. licheniformis* probiotic microorganisms.

Keywords: Immunobacterin-D, dogs, blood serum, calcium, SGPT.

ЗМІНА ДЕЯКИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ПЕЧІНКИ У СОБАК У РАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ФПД «ІМУНОБАКТЕРИН-Д»

Ж. В. Рибачук, О. Є. Галатюк, Ю. С. Демчук, А. А. Антонюк, Л. О. Солодка,

Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, Україна

У статті представлені результати використання ферментно-пробіотичної добавки «Імунобактерин-Д» собакам породи німецька вівчарка. Встановлено, що включення імунобактерину-Д до вра-

нішньої кормової даванки в дозі 1 грам на тварину один раз на добу протягом 14 діб обумовлює позитивний вплив на організм собак. А саме достовірне ($P \leq 0,001$) зменшення активності аланін-амінотрансферази в сироватці крові собак дослідної групи порівняно з показниками інтактної групи з $24,86 \pm 1,45$ до $18,93 \pm 1,8$ Од/л – через 14 діб. Протягом наступного спостереження (до 35 діб) тенденція зменшення збереглася. Зареєстровано зменшення активності у 5,2 раза гамаглутамілтранс-пептидази через 14 діб після застосування ферментно-пробіотичної добавки. При цьому в сироватці крові тварин контрольної групи зменшення активності ГГТП встановлено лише у 1,9 раза. Достовірних змін в активності лужної фосфатази в сироватці крові собак дослідної і контрольної груп не зареєстровано. Вважаємо, що такі показники активності ГГТП є показником інтрагепатичного стазу жовчі в печінці тварин. Зменшення активності АСТ, АЛТ та ГГТП у сироватці крові собак, які поїдали з кормом «Імунобактерин-Д» обумовлено зменшенням токсичного навантаження печінки через активне розмноження симбіотичної мікрофлори й діяльності протеази та пригнічення життєдіяльності патогенної мікрофлори кишечника. Адже відомо, що в печінці знешкоджуються аміак, фенол, крезол (утворюється мікрофлорою з фенілаланіну й тирозину) та скатол й індол (синтезується з триптофану). Зареєстрували, що у тварин дослідної групи перед включенням до раціону «Імунобактерину-Д» у сироватці крові було достовірно ($P \leq 0,001$) більше іонів кальцію, але протягом наступного місяця спостереження його кількість зменшилась і була майже ідентичною кількості в собак контрольної групи. При цьому показники вмісту фосфору достовірно не відрізнялись порівняно з показниками контрольної групи і були в межах фізіологічного діапазону. Отже, динамічне, достовірне зменшення ($P \leq 0,001$) активності АЛТ вказує на покращення функціонування гепатоцитів, що можливо обумовлено зменшенням антигенного й токсичного навантаження печінки внаслідок симбіотичного впливу пробіотичних мікроорганізмів *Bac. subtilis* *Bac. licheniformis*.

Ключові слова: Імунобактерин-Д, собаки, сироватка крові, кальцій, АЛТ.

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕЧЕНИ У СОБАК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФПД «ИММУНОБАКТЕРИН-Д»

Ж. В. Рыбачук, А. Е. Галатюк, Ю. С. Демчук, А. А. Антонюк, Л. А. Солодка,

Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, Украина

В статье представлены результаты использования ферментно-пробиотической добавки «Иммунобактерин-Д» собакам породы немецкой овчарки. Установлено, что включения «Иммунобактерина-Д» в дозе 1 грам 1 раз в сутки на протяжении 14 суток в составе утренней кормежки обуславливает позитивное влияние на организм собак. А именно достоверное уменьшение активности АЛТ в сыворотке крови собак опытной группы в сравнении с показателями интактной. Через 14 суток после использования пробиотика в сыворотке крови зарегистрировано уменьшение содержания ионов кальция в опытной группе. При этом показатели активности ферментов и фосфора достоверно не отличались по сравнению с показателями контрольной группы и были в пределах диапазона физиологических данных.

Ключевые слова: Иммунобактерин-Д, собаки, сыворотка крови, кальций, АЛТ.

Вступ

З початку ХХІ століття відомо багато фактів щодо ролі корисних мікроорганізмів у організмі людини [2, 5, 10–13, 19–21, 24]. Проводилися дослідження щодо вивчення мікрофлори кишечника собак різних вікових груп та деяких видів сільськогосподарських тварин [6, 9]. Усі літературні джерела засвідчують важливість певних видів бактерій товстого кишечника в забезпеченні резистентності макроорганізму. Встановлено, що через інтенсивність росту окремих популяцій мікроорганізмів відбувається розповсюдження представників опортуністичної мікрофлори, включаючи аероби та анаероби, їх проникнення у внутрішні органи. Це може призвести до виникнення гнійно-запальних процесів, септицемії. Посилюється передача факторів антибіотикорезистентності й патогенності між бактеріями [9].

Субботін В. В. та Данилевська Н. В. (2002) опублікували, що стабілізація індигенної мікрофлори кишечника в собак відбувається протягом перших 20 діб життя і, несуттєво змінюючись, утримується

такою до 5-и річного віку. Облігатна мікрофлора представлена біфідобактеріями, бактероїдами, лактобактеріями, лактозопозитивною кишковою паличкою і ентерококами [9].

Організм людей і тварин перебуває під постійним мікробним навантаженням. Тому формування оптимальної індигенної (облігатної) мікрофлори в організмі собак є головним чинником забезпечення резистентності їхнього організму.

Fuller R. (1982) та Hentges (1986) з'ясували, що зважаючи на адгезивні властивості і специфічні рецептори епітеліоцитів, індигенна флора формує достатньо щільну біоплівку на поверхні слизових, яка запобігає прикріпленню сторонніх бактерій. При цьому, чим специфічніші й надійніші ліганд-рецепторні зв'язки представників нормофлори, тим важче екзогенним бактеріям прикріпитися в цій ділянці [16, 17].

Загибель корисної мікрофлори може відбуватися при проведенні не раціональної антибіотикотерапії або під впливом різних факторів (стрес, транспортування, вакцинація, різка зміна раціону).

За даними Бондаренка В. М. зі співавторами, дисбактеріоз провокує багато вторинних порушень, змінює реактивність організму, призводить до гормональних змін та порушенню обміну речовин, знижує імунний статус та синтез деяких незамінних амінокислот, синтез вітамінів групи В [3].

Дисбаланс мікрофлори кишечника може призвести до синдрому підвищеної кишкової проникності. При порушенні цілісності кишкового бар'єра у кров потрапляють молекули харчового білка або їх фрагменти. Ці молекули для організму чужорідні й імунна система активізується, атакуючи «агресорів» [3, 22].

Тому питання утримання та відновлення мікробного пейзажу кишечника як основа профілактики розвитку інфекційних хвороб є актуальним для працівників ветеринарної медицини і береться до уваги при складанні схем лікування.

Доведено, що конкурентами до патогенів є спороутворюючі бактерії роду *Bacillus*, які постійно виділяють з різноманітних біотопів (організму тварин, комах і рослин) [14, 21, 23, 24].

Найкраще вивчені види *Bacillus subtilis* та *B. licheniformis* [4].

B. subtilis – аероб, який росте й розмножується під час доступу молекулярного кисню. Широко розповсюджений у навколишньому середовищі, утворює спори. Незважаючи на те, що в тонкому відділі кишечника низький рівень кисню, а в товстому відділі в нормі вільного молекулярного кисню немає, *B. subtilis* присутня у фекаліях всіх тварин у великих кількостях, оскільки у звичайних умовах надходить з кормами [7, 8, 15].

B. subtilis ВКМ У-2287 пригнічує ріст стафілококів, протей, клебсієлл, кишкової палички, ентеробактерій, цитробактерій, аеромонас, дріжджових грибів.

Учені довели, що «сінна паличка» у формі ендоспори здатна синтезувати антибіотики. Це збільшує її шанси на виживання, оскільки за допомогою антибіотиків бактерія здатна знищити супутні у ґрунті Грам-позитивні мікроби, які складають конкуренцію на поживні речовини. В організмі людини та тварини *B. subtilis* підтримує мікробіоценоз, має властивості, які забезпечують організм біологічно активними речовинами, забезпечує краще перетравлювання їжі. У ротовій порожнині, тонкому і товстому кишечнику вони трансформуються у вегетативну форму, розмножуються та продукують БАР, під дією яких пригнічується ріст і розвиток гнильної, патогенної й умовно-патогенної мікрофлори, відновлюється чисельність популяцій лакто- та біфідобактерій, кишкової палички та інших мікроорганізмів, які входять до складу нормофлори шлунково-кишкового тракту.

В організмі собак виявлено також гриби роду *Candida*, які відносять до факультативної і транзитної мікрофлори [9].

B. licheniformis має здатність продукувати протигрибковий фермент [9, 18].

Проведення біотерапії з використанням пробіотичних препаратів для профілактики порушень мікробіоценозу тварини є актуальним питанням для ветеринарної медицини та заводчиків.

Мета роботи – виявити зміни активності деяких ферментів та вмісту кальцію в сироватці крові собак під час згодовування «Імунобактерину-D».

Матеріали і методи досліджень

Для проведення досліджень було сформовано дві групи собак породи Німецька вівчарка по 6 у кожній. Перша – дослідна, друга – контрольна. Підбір тварин проводили за породним, віковим та статевим показниками. Годівля та утримання тварин двох груп були ідентичними протягом усього періоду проведення дослідів. Тваринам першої дослідної групи до основного раціону додавали ферментно-пробіотичну добавку «Імунобактерин-D» (сухий), з розрахунку 1 г/тварину шляхом посипання пробіотиком невеликої кількості свіжого сиру (100–200 г) безпосередньо перед згодовуванням вра-

нішньої даванки корму протягом одного місяця. Для контролю ефективності згодовування пробіотику в собак контрольної та дослідної груп відбирали кров з метою визначення біохімічних показників.

При проведенні роботи були використані біохімічні та статистичні методи дослідження. Визначення активності ферментів проводили згідно із загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень та їх обговорення

«Павлов І. П. писав: – печінка є найвірнішим вартовим організму, перетворюючи отруйні для інших органів речовини, які надходять з травного каналу, в нешкідливі» [1]. Тому контроль функціонального стану печінки тварин, зокрема й собак, дає можливість оцінити фізіологічний стан і планувати схему надання лікарської допомоги.

Значна кількість функцій печінки обумовила і значну кількість лабораторних досліджень, які проводять для оцінки її стану. Але, зважаючи на добре виражені компенсаторні властивості органу, в діагностиці хвороб печінки часто використовують активність специфічних та умовно специфічних ферментів окремо та в поєднанні.

Активність АЛТ, яка за даними В. І. Левченка зі співавторами (2002), має діагностичне значення для собак, протягом згодовування ферментно-пробіотичної добавки «Імунобактерин-Д» у контрольній та дослідній групах була у фізіологічних межах (табл. 1).

1. Активність деяких ферментів у сироватці крові собак, $M \pm m$ (n=6)

Показник	Перед застосуванням		Через 14 діб		Через 35 діб	
	контрольна	дослідна	контрольна	дослідна	контрольна	дослідна
АЛТ (Од/л)	26,15±2,36	20,72±1,6*	24,86±1,45	18,93±1,8*	21,25±2,74	13,20±0,6*
АСТ (Од/л)	30,43±0,62	26,87±3,7	28,81±0,78	24,95±1,73	34,28±2,95	17,2±1,1*
ГГТП (Од/л)	5,44±0,92	6,37±0,3	2,94±0,10	1,23±0,10	2,22±0,37	1,35±0,40
Лужна фосфатаза (Од/л)	92,7±12,0	47,6±8,96	93,28±3,41	69,64±7,3	79,58±8,54	59,96±4,7
Коеф. Де Рітиса	1,22±0,42	1,4±2,09	1,1±0,33	1,3±1,10	1,6±1,08	1,3±0,9

Примітки: * – $P \leq 0,001$ порівняно з показниками контрольної групи.

Але через 14 діб після згодовування ФПД «Імунобактерин-Д» зареєстровано достовірне зменшення активності АЛТ у дослідній групі при порівнянні з інтактною групою.

Для визначення патології печінки важливим показником є коефіцієнта Де Рітиса, який фізіологічно становить 1,33. Цей коефіцієнт є інформативним для дрібних тварин (зокрема собаки) і неінформативним для тварин з високою активністю АСТ. Зростання коефіцієнта Де Рітиса свідчить про тяжкі ураження гепатоцитів. З отриманих даних таблиці 1 видно, що коефіцієнт був у фізіологічних межах у тварин дослідної групи та перевищував допустимий рівень у собак контрольної групи через 35 діб після початку проведення спостереження. Вважаємо, що це може свідчити про початок розвитку гострого паренхіматозного гепатиту. Адже це зумовлено зменшенням щільності мембран гепатоцитів і елімінацією вищезазначених амінотрансфераз у кров. Обидва ензими (АЛТ і АСТ) є індикаторними для печінки. Інтенсивне вивільнення аспартатамінотрансферази відбувається лише після руйнування мітохондрій, що вказує на глибокі патологічні процеси у гепатоцитах.

Фізіологічне функціонування травної системи є важливим у забезпеченні гомеостазу організму. Важливим складником травлення в тонкому кишечнику є жовчовидільна функція печінки, адже екскрет органу забезпечує емульгацію жирів, підготовку їх до впливу ліпази з подальшою абсорбцією у кров, засвоєння жиророзчинних вітамінів. Тому аналіз зміни активності ферментів у комплексі дає змогу прогнозувати процес жовчовиділення на різних етапах.

Відомо, що у стінках жовчних протоків локалізуються ГГТ і ЛФ, тому для визначення локалізації патологічного процесу необхідне одночасне визначення органоспецифічного ферменту. ГГТП має найвищу активність у нирках, печінці особливо у клітинах, які формують ниркові каналці та жовчні протоки, а також у підшлунковій залозі. Ми зареєстрували зменшення активності у 5,2 раза гамаглутамілтранспептидази через 14 діб після застосування ферментно-пробіотичної добавки. При цьому в сироватці крові тварин контрольної групи зменшення активності ГГТП встановлено лише в 1,9 раза. Незначна гіперферментемія перед проведенням досліджень дає змогу припустити, що в печінці розвивались пошкодження клітин паренхіми. Оскільки Левченко зі співавторами стверджували, що збільшення активності ГГТП у сироватці крові відбувається заздалегідь до клінічного прояву холестазу

печінки і є маркером інтрагепатичного стазу жовчі, пошкодження канікулярних мембран гепатоцитів біля біліарного полюса та епітеліальних клітин жовчних протоків. Одночасний аналіз показників активності ГГТП та ЛФ (локалізується в епітелії жовчовивідних шляхів, плазматичних мембранах гепатоцитів) вказує на розвиток і локалізацію холестазу. Оскільки показники активності ензиму в обох дослідних групах були у фізіологічних межах, тому про порушення жовчовідведення в жовчних протоках не йдеться. Отже, отримані дані активності ферментів (АСТ, АЛТ, ГГТ та ЛФ) свідчать про покращення функціонального стану гепатоцитів. Вважаємо, що це може бути обумовлено зменшенням токсичного навантаження печінки через активне розмноження симбіотичної мікрофлори й діяльності протеази та пригнічення життєдіяльності патогенної мікрофлори кишечника. Адже відомо, що в печінці знешкоджуються аміак, фенол, крезол (утворюється мікрофлорою із фенілаланіну і тирозину) та скатол й індол (синтезується з триптофану).

Крім того, виділення жовчі активно впливає на процес засвоєння кальцію. Жовч підвищує розчинність солей кальцію, а жовчні кислоти утворюють з останніми міцели, що протидіє випаданню їх в осад і сприяє контакту іонів кальцію з абсорбційною поверхнею епітелію кишечника. Тому підвищення вмісту кальцію у крові є наслідком взаємодії поліетіологічних складників. Важливим є стан ентероцитів, який обумовлений і мікробним пейзажем кишечника. Тому ми провели визначення вмісту кальцію та фосфору в сироватці крові собак дослідної та контрольної груп, яким забезпечувались протягом проведення дослідіу ідентичні умови годівлі й утримання (табл. 2).

2. Зміна кількості кальцію та фосфору в сироватці крові собак у разі використання «Імунобактерину-D», $M \pm m$ (n=6)

Показник	Перед дослідженням		Через 14 діб		Через 35 діб	
	контрольна	дослідна	контрольна	дослідна	контрольна	дослідна
Кальцій, ммоль/л	2,66±0,03*	2,92±0,03	2,74±0,04	2,79±0,11	2,67±0,09	2,73±0,06
Фосфор, ммоль/л	1,59±0,02	1,52±0,02	1,58±0,02	1,52±0,08	1,6±0,06	1,54±0,03
Ca : P	1,7:1	1,9:1	1,7:1	1,8:1	1,7:1	1,8:1

Примітки: * – $P \leq 0,001$ порівняно з показниками дослідної групи.

У тварин дослідної групи перед включенням до раціону «Імунобактерин-D» у сироватці крові було достовірно ($P \leq 0,001$) більше іонів кальцію, але протягом наступного місяця спостереження його кількість зменшилась і була майже ідентичною кількості в собак контрольної групи. Не зареєстровано достовірних змін вмісту фосфору та кальцій-фосфорного відношення в сироватці крові обох груп.

Вважаємо, що на отримані результати мав вплив склад раціону собак обох груп, оскільки вони отримували щоранку по 300 грам молочнокислого сиру з кефіром. Тому вміст кальцію в сироватці крові обох груп був на одному фізіологічному рівні.

Отримані дані зміни вмісту кальцію та фосфору в сироватці крові собак, які отримували «Імунобактерин-D», дає змогу стверджувати, що *B. subtilis* *B. licheniformis* оптимізують процеси, які забезпечують засвоєння вищезазначених макроелементів з кишечника.

Ми також не зареєстрували достовірних змін загального білірубину в сироватці крові собак під час використання ферментно-пробіотичної добавки. Ці дані можуть свідчити про відсутність у собак інтактної групи значних порушень функціонального стану печінки.

Висновки

Включення до раціону собак породи німецька вівчарка ферментно-пробіотичної добавки «Імунобактерин-D» у дозі 1 грам щоденно у склад ранішньої даванки корму протягом 14 діб обумовлює нормалізацію вмісту іонів кальцію в сироватці крові. Через 14 діб згодовування лікарського засобу його вміст достовірно збільшився ($P \leq 0,001$) порівняно з показниками тварин контрольної групи. Динамічне, достовірне зменшення ($P \leq 0,001$) активності АЛТ свідчить про покращення функціонування гепатоцитів, що, ймовірно, обумовлено зменшенням антигенного й токсичного навантаження печінки внаслідок симбіотичного впливу пробіотичних мікроорганізмів *Bac. subtilis* *Bac. licheniformis*.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу складників ФПД «Імунобактерин-D» на збереженість новонароджених цуценят у сук.

References

1. Levchenko, V. I. (Ed.). (2002). *Veterinarna klinichna biohimiy*. Bila Tserkva [In Ukrainian].

2. *Globalnyie prakticheskie rekomendatsii Vsemirnoy Gastroenterologicheskoy Organizatsii Probiotiki i prebiotiki*. (2017). World Gastroenterology Organisation. Retrived from: <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-2017.pdf> [In Russian].
3. Bondarenko, V. M., Uchajkin, V. F., Murashova, A. O., & Abramov, N. N. (1995). *Disbioz: sovremennye vozmozhnosti profilaktiki i lecheniya*. Moskva.
4. Makarenko, V., & Litvinenko, V. (2016). Vykorystannia kormovoi dobavky Imunobakteryn-D za vyroshchuvannia teliat. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 0 (3 (60). doi: 10.31548/dopovidi2016.03.010 [In Ukrainian].
5. *Mikroflora kishechnika ta Imunitet: Nerozrivnij Zv'yazok*. Promedical: veb-sayt. Retrived from: <http://promedical.com.ua/hvorobi/mikroflora-kishechnika-ta-imunitet-nerozrivnij-zv/> [In Ukrainian].
6. Pokhylko, Y. M., & Kravchenko, N. O. (2018). Recovery and correction of the balance of microbiota of the gastrointestinal tract of rabbits, disabled as resulting from the use of antibiotics. *Bioresursi i Prirodokoristuvannâ*, 10 (3–4). doi:10.31548/bio2018.03.003.
7. *Svoystva bakteriy Bacillus subtilis*. Retrived from: <http://www.vetom.group.dn.ua/property.html> [In Russian].
8. Smirnov, V. V. Sorokulova, I. B., & Pinchuk, I. V. (2001). Bakterii roda Bacillus – perspektivnyj istochnik biologicheskii aktivnyh veshchestv. *Mikrobiol. Zhurn.*, 63 (1), 72–79 [In Russian].
9. Subbotin, V. V., & Danilevskaya, N. V. (2002). Mikroflora kishechnika sobak: fiziologicheskoe znachenie, vozrastnaya dinamika, disbakteriozyi, korrektsiya ch. 2 Vozrastnaya dinamika mikrofloryi kishechnika sobak, *Veterinarnaya medicina. Veterinariya dlya vseh*, 4, 14–19. Retrived from: <https://www.allvet.ru/articles/mikroflora-kishechnika-sobak/> [In Russian].
10. Kalinichenko, S. V., Babych, Ye. M., Ryzhkova, T. A., Maslii, I. H., Korotkykh, O. O., Danilina, S. S., Solianik, O. H., Shykova, O. A., Skliar, N. I., Balak, L. M., Niemkova, A. K., Desiatnykova, S. M., & Tkach, O. V. (2013). Suchasnyi stan rozrobky ta zastosuvannia probiotychnykh, prebiotychnykh kh ta synbiotychnykh preparativ. *Annaly Mechnykovskoho instytutu*, 3, 5–12 [In Ukrainian].
11. Contents of Previous Volumes 59. (2006). *Advances in Applied Microbiology*, 253–264. doi: 10.1016/s0065-2164(06)59011-2.
12. Bernala Aponte, G., Bada Mancilla, C. A., Carreazo Pariasca, N. Y., & Rojas Galarza, R. A. (2008). Probiotics for treating persistent diarrhoea in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. doi: 10.1002/14651858.cd007401.
13. Bindels, L. B., Delzenne, N. M., Cani, P. D., & Walter, J. (2015). Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 12 (5), 303–310. doi: 10.1038/nrgastro.2015.47.
14. Duc, L. H., Hong, H. A., Barbosa, T. M., Henriques, A. O., & Cutting, S. M. (2004). Characterization of Bacillus Probiotics Available for Human Use. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (4), 2161–2171. doi: 10.1128/aem.70.4.2161-2171.2004.
15. Floch, M. H., Walker, W. A., Sanders, M. E., Nieuwdorp, M., Kim, A. S., Brenner, D. A., Qamar, A. A., Miloh, T. A., Guarino, A., Guslandi, M., Dieleman, L. A., Ringel, Y., Quigley, E. M. M., & Brandt, L. J. (2015). Recommendations for Probiotic Use—2015 Update. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 49, 69–73. doi:10.1097/mcg.0000000000000420.
16. Fuller, R. (1984). The importans of epithelial attachment in colonization of the gut by bacteria. *Mikrobiol. Therapy*, 14, 55–58.
17. Hentges, D. J. (1986). The protective function of the indigenous intestinal flora. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 5 (Supplement), 17–20. doi: 10.1097/00006454-198601001-00006.
18. Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J. Salminen, S., Calder P. C., & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11 (8), 506–514. doi: 10.1038/nrgastro.2014.66.
19. Hungin, A. P. S., Mulligan, C., Pot, B., Whorwell, P., Agr  s, L., Fracasso, P. Lionis, C., Mendive, J., Foy, J.-M. de P., Rubin, G., Winchester, C., & Wit, de N. (2013). Systematic review: probiotics in the management of lower gastrointestinal symptoms in clinical practice – an evidence-based international guide. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 38 (8), 864–886. doi: 10.1111/apt.12460.
20. Raman, M., Ambalam, P., & Doble, M. (2016). *Probiotics and Bioactive Carbohydrates in Colon Cancer Management*. doi: 10.1007/978-81-322-2586-7.

21. Pohilenko, V. D., & Perelygin, V. V. (2007). Probiotiki na osnove sporoobrazuyushih bakterij i ih bezopasnost. *Himicheskaya i Biologicheskaya Bezopasnost*, 2–3, 32–33 [In Russian].
22. Quigley, E. M. M. (2011). Therapies Aimed at the Gut Microbiota and Inflammation: Antibiotics, Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, Anti-inflammatory Therapies. *Gastroenterology Clinics of North America*, 40 (1), 207–222. doi: 10.1016/j.gtc.2010.12.009.
23. Skrypnyk, I. M., & Maslova, H. S. (2009) Suchasni sporoutvoriuvalni probiotyky v klinichnii praktytsi, *Suchasna gastroenterolohiia*, 3 (47), 81–90 [In Ukrainian].
24. Tkalenko, E. I., Skazyvaeva, E. V., Avalueva, E. B. & Sitkin, S. I. (2010). Saccharomyces boulardii (Enterol) v praktike terapevta i gastrojenterologa. *Gastrojenterologija Sankt-Peterburga*, 1, 23–24 [In Russian].

Стаття надійшла до редакції 19.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Рибачук Ж. В., Галатюк О. Є., Демчук Ю. С., Антонюк А. А., Солодка Л. О. Зміна деяких діагностичних показників функціонального стану печінки у собак у разі використання ФПД «Імунобактерин-D. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 182–188.

*© Рибачук Жанна Володимирівна, Галатюк Олександр Євстафійович,
Демчук Юліана Сергіївна, Антонюк Анатолій Анатолійович,
Солодка Лариса Олександрівна, 2020*



original article | UDC 616-001.4:002.3:089:615.246.2:276 |
doi: 10.31210/visnyk2020.01.23

ANALYSIS OF SURGICAL PATHOLOGY IN THE HORSE CLUB “HORSE RIDING IN POLTAVA”

S. M. Kulynych

G. O. Omelchenko*

N. O. Avramenko

M. A. Zezekalo

S. O. Mostovy

ORCID  [0000-0003-1660-643X](https://orcid.org/0000-0003-1660-643X)

ORCID  [0000-0001-9389-8400](https://orcid.org/0000-0001-9389-8400)

ORCID  [0000-0002-1920-5757](https://orcid.org/0000-0002-1920-5757)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: anna.omelchenko@pdaa.edu.ua

Non-contagious diseases, especially surgical ones, continue to cause significant harm to horses. Sick animals lose their ability to work for a long time, their economic value and sports performance are reduced. During the monitoring examination, the spreading, etiology and peculiarities of the course of surgical pathology in horses were determined. The purpose of the research was to find out the surgical pathology of horses' orthopedic diseases in the horse club “Horse Riding in Poltava”. The research task was to analyze the frequency of occurrence and determine the causes of surgical pathology of horses' orthopedic diseases in horses in the horse club “Horse Riding in Poltava”. During the monitoring, the spreading, etiology, and peculiarities of horse surgical pathology of the English thoroughbred, Westphalian, Thracian, Arab, Ukrainian roadster and non-pedigree breeds, aged from 4 to 10 years, as well as ponies aged from 9 to 17 years, were determined. After that, surgical pathologies were classified according to different groups and symptoms were determined in diseased animals. Orthopedic studies were conducted in 2018 in accordance with the methods proposed by the leading orthopedists Kyorber H. D. and Pollit K. K. The following pathologies were diagnosed by us: bruises, white line and frog putrefaction, deformities (disruption of the plantar horn, partial loss of periople, the appearance of sloping and sharp-cornered hooves) and eczematous processes on the skin. Among surgical pathologies, orthopedic diseases were the most common (45.45 %), among which inflammatory processes were most widely spread (27.27 %), the share of other forms of surgical pathology was 27.28 %. The reasons of surgical pathology were different, but they were based on the violation of zoohygienic conditions of keeping, the lack of timely orthopedic work (72.7 %), and traumatism (27.3 %). The development of surgical pathology was accompanied by various clinical signs, which was due to the peculiarities of surgical pathology manifestation; in 45.4 % the onset of a chronic inflammatory reaction was registered, in 27.2 % of cases the acute inflammatory reaction occurred as a result of horse injury.

Key words: horse injuries, hoof deformities, hoof disease, wounds, surgical pathology.

АНАЛІЗ ХІРУРГІЧНОЇ ПАТОЛОГІЇ В УМОВАХ КІННОГО КЛУБУ «ВЕРХОВА ЇЗДА В ПОЛТАВІ»

С. М. Кулинич, Г. О. Омельченко, Н. О. Авраменко, М. А. Зезекало, С. О. Мостовий,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Значної шкоди коням продовжують завдавати незаразні хвороби, особливо хірургічні. Хворі тварини на тривалий час втрачають працездатність, знижуються їхня господарська цінність та

спортивні показники. Метою досліджень було з'ясувати хірургічну патологію ортопедичних захворювань коней в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві». Серед завдань досліджень: провести аналіз частоти виникнення та визначити причини хірургічної патології ортопедичних захворювань у коней в умовах племінного клубу «Верхова їзда в Полтаві». Вивчали поширення, етіологію та особливості перебігу хірургічної патології в коней англійської чистокровної, вестфальської, тракененської, арабської, української верхової та безпорідних порід віком від 4 до 10 років, а також поні віком від 9 до 17 років. Після чого класифікували до тієї чи тієї групи хірургічну патологію та встановлювали симптоми у хворих. Зважаючи на те, що найбільш поширеним видом хірургічної патології були ортопедичні захворювання та захворювання шкіри, основну увагу звертали на них. Ортопедичні дослідження проводили відповідно до методик, запропонованих провідними ортопедами Kyorber H. D. та Pollit K. K. Дослідження проводили на поголів'я коней протягом 2018–2019 рр. в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві». Під час проведення моніторингового обстеження встановлювали поширення, етіологію та особливості перебігу хірургічної патології в коней. Ми встановили такі діагнози: наминки, гниття білої лінії та стрілки копита, деформації (розшиарування підошовного рогу, часткову втрату глазури, появу гострокутних та косих копит) та екзематозні процеси на шкірі. Серед хірургічної патології найбільш розповсюдженими є ортопедичні захворювання (45,45 %), серед яких найбільш поширені запальні процеси (27,27 %), частина інших форм хірургічної патології становить 27,28 %. Причини формування хірургічної патології різні, проте підґрунтям для їхнього розвитку слугує порушення зоогігієнічних умов утримання, відсутність своєчасної ортопедичної роботи (72,7 %) та травматизм (27,3 %). Розвиток хірургічної патології супроводжувався різними клінічними ознаками, що було обумовлено особливостями формування хірургічної патології, в 45,4 % відмічали формування хронічної запальної реакції, у разі травматизму коней у 27,2 % формувалася гостра запальна реакція.

Ключові слова: травми в коней, деформації копит, хвороби копит, рани, хірургічна патологія.

АНАЛИЗ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ КОННОГО КЛУБА «ВЕРХОВАЯ ЕЗДА В ПОЛТАВЕ»

С. Н. Кулинич, А. А. Омельченко, Н. А. Авраменко, Н. А. Зезекало, С. А. Мостовой,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Значительный ущерб лошадям продолжают наносить незаразные болезни, особенно хирургические. Больные животные на длительное время теряют работоспособность, снижаются их хозяйственная ценность и спортивные показатели. Целью исследований было выяснить хирургическую патологию ортопедических заболеваний лошадей в условиях конного клуба «Верховая езда в Полтаве». При проведении мониторингового обследования устанавливали распространение, этиологию и особенности течения хирургической патологии у лошадей, после чего классифицировали к той или иной группе хирургическую патологию и устанавливали симптомы у больных. При проведении обследования выясняли распространение, этиологию и особенности течения хирургической патологии у лошадей. Среди хирургической патологии наиболее распространенными являются ортопедические заболевания (45,45 %), среди которых наиболее распространены воспалительные процессы (27,27 %), другие формы хирургической патологии составляют 27,28 %.

Ключевые слова: травмы у лошадей, деформации копыт, болезни копыт, раны, хирургическая патология.

Вступ

Поголів'я коней в Україні за період з 1916 по 1990 роки скоротилось з 6455 до 600 тис. З 1991 року спостерігається тенденція росту поголів'я (за рахунок приватного сектора – з 21 до 400 тис.), яке 2000 року складало близько 800 тисяч. 2008 року поголів'я коней знизилось до 600 тис. голів. Однак зросла кількість племінних коней у племрепродукторах. Основним потенціалом селекційно-племінної роботи в конярстві є «золотий племінний фонд», який розміщується в 17 кінних заводах та 125 племінних фермах. Племінні коні високо ціняться на внутрішньому та міжнародному ринках. Наприклад, кобила арабської породи з Ягільницького кінного заводу була продана 1991 року в США за 191 тис. доларів. Племінне поголів'я в Україні становить 10000 коней (17 порід), з яких 393 жеребці-

плідники і 2883 кобили. У Дніпропетровському, Онуфріївському, Стрілецькому, Олімпійському, Олександрійському, Деркульському, Ягільницькому, Лозівському кінних заводах розводять верхових, у Дубрівському, Лимарівському, Павлівському, Запорізькому – рисистих, а в Новоолександрівському – ваговозних коней. Успішний розвиток конярства неможливий без ветеринарного забезпечення галузі [1].

Розвиток фермерських господарств і кінного спорту потребує уваги до галузі конярства, можливості й резерви якої використовуються недостатньо. Значної шкоди коням продовжують завдавати незаразні хвороби, особливо хірургічні. Хворі тварини на тривалий час втрачають працездатність, знижуються їхня господарська цінність та спортивні показники. Найбільш частою хірургічною патологією в коней є хвороби опорно-рухового апарату, що спричинені деформаціями копит або є їх наслідками [2–4]. Розповсюдження патології копит у коней висвітлене в доступній нам літературі 40–70-х років, коли цей вид тварин відіграв важливу роль в армії та сільському господарстві. Відтоді вивчення цього питання майже припинилося. Цим можна пояснити недостатню на сьогодні ефективність терапевтичних заходів при хворобах копит та їх деформаціях. У Західній Європі, згідно з офіційною статистикою, 70 % спортивних коней отримують щонайменше одну травму за сезон, а дисбаланс копит реєструють у 95 % коней. Причому деформації копит мають серйозні наслідки: порушення біомеханіки (зміна конформації, загального балансу, координації, навантаження), неврологічні розлади копит (зміна чутливості стрілки), порушення кровообігу (застійні явища, гіпоксія тканин, розвиток некротичних процесів) [5–21].

Отже, зазначені в літературі дані свідчать про значне розповсюдження хвороб у коней, зокрема хірургічних. Тому розгляд питань щодо поширення цих патологій у кінних клубах є важливим питанням у хірургічній практиці.

Метою досліджень було з'ясувати хірургічну патологію ортопедичних захворювань коней в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві».

Серед завдань досліджень: провести аналіз частоти виникнення та визначити причини хірургічної патології ортопедичних захворювань у коней в умовах племінного клубу «Верхова їзда в Полтаві».

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили на поголів'ї коней протягом 2018–2019 рр. в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві». Під час проведення моніторингового обстеження з'ясовували поширення, етіологію та особливості перебігу хірургічної патології в коней англійської чистокровної, вестфальської, тракененської, арабської, української верхової та безпорідних порід віком від 4 до 10 років, а також поні віком від 9 до 17 років. Після чого класифікували до тієї чи тієї групи хірургічну патологію та встановлювали симптоми у хворих. Зважаючи на те, що найбільш поширеним видом хірургічної патології були ортопедичні захворювання та захворювання шкіри, основну увагу звертали на них. Ортопедичні дослідження проводили відповідно до методик, запропонованих провідними ортопедами Kuorber H. D. [22] та Pollit K. K. [23]. Також брали до уваги динаміку симптомів запальної реакції. Наминкою вважали патологічний процес, при якому в ділянці підшовної поверхні копит виявляли появу маслянистих або синіх плям, гниття стрілки встановлювали при виявленні у тварини за її розм'якшення, розшарування. Косим вважали копито, в якому одна зі сторін разом з підшовною стінкою була більш відлогою порівняно з протилежною. Гострокутним вважали копито, в якого кут рогової стінки з підшовною становив менше 45 градусів. Плоским копитом вважали таке, в якому у тварин виявляли зміну нормальної увігнутості підшови, вона розміщувалася практично на одному рівні з підшовним краєм рогової стінки. Екзему встановлювали тоді, коли на шкірі виникали висипи. Діагноз асептичний синовіт тарсального суглобу встановлювали тоді, коли при дослідженні виявляли обмежену, болючу, гарячу припухлість, виповнення ексудатом виворотів суглобової капсули.

Результати досліджень та їх обговорення

За звітний період ми виявили такі діагнози, як: наминки, гниття білої лінії та стрілки копита, деформації (розшарування підшовного рогу, часткову втрату глазури, появу гострокутних та косих копит) та екзематозні процеси на шкірі. Проведені дослідження свідчать, що хірургічна патологія в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві» складалася з ортопедичної патології, патології пов'язаної з деформацією копит та іншої хірургічної патології (рис. 1).

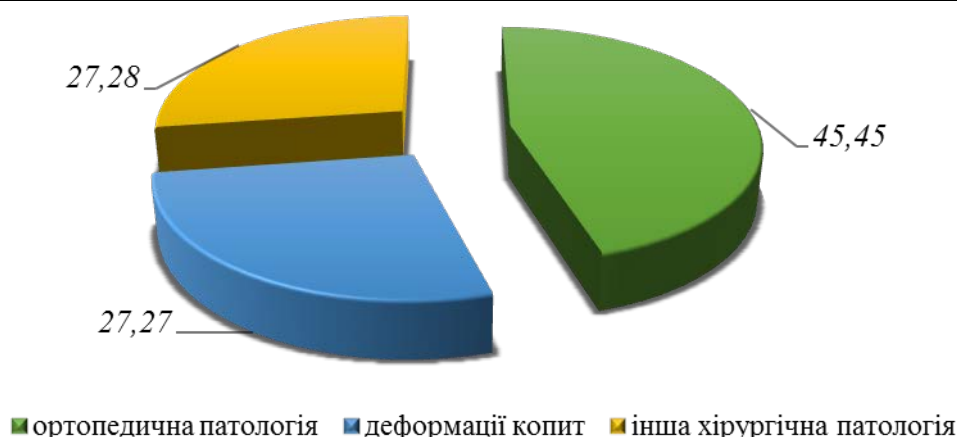


Рис. 1. Структура хірургічної патології коней в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві»

Аналізуючи структуру хірургічної патології в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві» (рис. 1), ми з'ясували, що ортопедична патологія складала 45,45 %, менший відсоток припадав на деформацію копит (27,27 %) та інші хірургічні патології (27,28 %).

За звітний період ми діагностували такі хвороби: наминки, гниття білої лінії та стрілки копита, деформації (розшарування підошовного рогу, часткову втрату глазури, появу гострокутних та косих копит) та екзематозні процеси на шкірі (табл. 1).

1. Поширення хірургічної патології серед коней в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві»

Патологія	% від хірургічної патології
Ортопедична патологія, в т. ч.:	
- асептичний обмежений пододерматит (наминка)	27,27
- гниття стрілки	18,18
Деформації копит, в т. ч.:	
- косе копито	9,09
- гострокутне копито	9,09
- плоске копито	9,09
Інші форми хірургічної патології, в т. ч.:	
- екзема	9,09
- перелом нижньої щелепи	9,09
- асептичний синовіт тарсального суглобу	9,09

Отримані дані таблиці свідчать, що серед коней найбільш поширеною хірургічною патологією є ортопедичні захворювання, частина яких становить 45,45 % від усієї діагностованої патології. Вагомо зазначити, що серед цієї групи патологій асептичний обмежений пододерматит (наминка) становив 27,27 %, на гниття стрілки припадало 18,18 % відповідно.

Серед патологій деформації копита, яка становила 27,27 %, усі три види, а саме: косе, гострокутне і плоске копито мало однакові відсотки у цій групі (9,09 %), патологія при цьому відмічалася в поодиноких випадках.

Серед інших форм хірургічної патології виявляли такі види, як екзема (9,09 %), переломи нижньої щелепи (9,09 %) та асептичний синовіт тарсального суглобу (9,09 %), патологія також мала спорадичний характер.

На основі анамнестичних даних ми з'ясували, що причинами наминок у коней була несвоєчасна ортопедична функціональна розчистка копит та експлуатація тварин по асфальту, яким переважно вкрита територія ферми. У діагностованих випадках наминки в 100 % випадках виявляли на тазових кінцівках, причому ураження спостерігали як на одній, так і на обох кінцівках. При встановленні причини появи гниття стрілки було з'ясовано, що тварини тривалий час утримувалися в антисанітарних умовах в левадах, заповнених гноївкою вперемішку з підстилкою.

При встановленні причини деформацій рогової капсули в коней було з'ясовано, що такою причиною формування косих копит у коней слугувало нерівномірне навантаження твариною правої та лівої частини копита. Сприятливим фактором цьому слугували камінці, які набивалися в рогову підошву.

Варто зазначити, що в однієї ж тієї тварини ми діагностували два види деформації. Права кінцівка мала косе копито, а ліва – гострокутне. Останнє формувалося внаслідок відсутності обрізки копита. Водночас у кобили 8-річного віку виявляли на тазових кінцівках плоскі копита, що, на нашу думку, обумовлене надмірним обрізанням рогової стінки. Причини діагностованої екземи у тварини достеменно встановити не вдалося. Асептичний синовіт лівого тарсального суглобу формувався внаслідок травматичного ураження зазначеної ділянки при доланні конем перешкоди.

У разі наминок у коней, при огляді рогової підшви правої тазової кінцівки виявляли появу маслянистих та темно-синіх плям, які були й на тазових кінцівках в різних ділянках. Тобто в однієї тієї ж тварини два ураження темно-синього кольору овальної форми, розміром 2 x 3 см. Одне – в ділянці п'яти, інше – біля стрілки 2 x 2 см. У кобили шестирічного віку було виявлено появу маслянистих плям на тазових кінцівках жовтого кольору неправильної форми біля стрілки розміром 3 x 4 см. Ще в однієї кобили ми виявили появу на підшві тазових кінцівок синіх плям безпосередньо біля білої лінії на правих бічних стінках розміром 1 x 1 см.

У разі гниття стрілки при огляді копит відмічали, що вони були значно збільшеними порівняно з нормою, тобто в таких копитах не проводилася тривалий час ортопедична розчистка. При огляді було встановлено, що в борознах стрілки в значній кількості накопичувалася гноївка. При видаленні останньої за допомогою ортопедичного гачка (зазначена процедура внаслідок її болочості супроводжувалася збудженням і відповідною захисною реакцією у тварини) виявляли виділення брудно-сірого ексудату. Сама стрілка була видозмінена, значно мацерована й мала неприємний запах.

У разі косоного копита тварина відставляла кінцівку в бік порівняно з протилежною кінцівкою. В гострокутному копиті лівої тазової кінцівки в коня 6-річного віку дорсальна стінка була дуже подовжена, п'ятка навпаки була низькою та досить зношеною, опора переносилася на п'яткову ділянку. Крайова частина зачепу починала загинатись догори. У плоскому копиті стінка була значно зрізаною у 8-річної кобили внаслідок неправильно проведеної ортопедичної розчистки, занадто зрізаною була рогова стінка, через що тварина частково спиралася на підшву та стрілку. Оглядаючи рогову підшву в таких копитах, були виявлені наминки, при цьому при русі в такій тварини відмічали кульгавість слабого ступеню.

При діагностуванні екземи виявляли появу на шкірі струпо-подібних уражень на бічній поверхні тулуба тварини, череві, тазовій ділянці. Значно менше їх було в ділянці голови, шиї та спини, а також на кінцівках. Тварина дуже непокоїлася, була дещо збудженою і терлася об довколишні предмети.

Було з'ясовано, що за вказаний період причинами формування хірургічної патології слугували різні чинники, проте в основі їх були порушення зоогігієнічних умов утримання, відсутність своєчасної ортопедичної роботи (72,7 %), при чому в 45,4 % відмічали формування хронічної запальної реакції та травматизм (27,3 %), при цьому у 27,2 % формувалася гостра запальна реакція (рис. 2).



Рис. 2. Причини формування хірургічної патології в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві»

Згідно з літературними даними основними причинами органопатології копит у коней вважаються переломи (72 %), остити (22 %) та гематоми під роговим башмаком (6 %) [3], що зовсім не збігається

з нашими результатами. На нашу думку, така різнобічність результатів пов'язана з напрямом використання коней.

Висновки

1. Серед хірургічної патології найбільш розповсюдженими є ортопедичні захворювання (45,45 %, серед яких найбільш поширений асептичний обмежений пододерматит (намінка) (27,27 %) та гниття стрілки (18,18 %).

2. Причини формування хірургічної патології різні, проте підґрунтям їх виникнення слугує порушення зоогігієнічних умов утримання, відсутність своєчасної ортопедичної роботи (72,7 %) та травматизм (27,3 %).

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується проаналізувати хірургічну патологію серед коней у господарствах у Полтавській області.

References

1. Kulai, N. Ya. (2005). Instrumentalni metody doslidzhennia zakhvoriuvan m'iaziv u konei. *Visnyk Sumskoho NAU. Seriya Veterynarna Medytsyna*, 1–2, 223–226 [In Ukrainian].
2. Govorova, M. A., Dinchenko, O. I., Bjahova, V. M., & Bol'shakova, M. V. (2017). Osobennosti diagnostiki patologicheskikh sostojanij mjagkih tkanej distal'nyh otделov konechnostej sportivnyh loshadej. *Izvestija OGAU*, 3 (65). Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-diagnostiki-patologicheskikh-sostojanij-myagkih-tkaney-distal'nyh-otdelov-konechnostey-sportivnyh-loshadej> [In Russian].
3. Zhukov, V. M. (2019). Kliniko-morfologicheskaja diagnostika povrezhdenij kopyt u loshadei. *Vestnik Altajskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, 7 (177), 133–137 [In Russian].
4. Chernovalov, D. S. (2018). Lechenie i profilaktika treshhin rogovogo sloja kopytnoj stenki u loshadej. *Candidate's thesis*. Sankt-Peterburgskaja gosudarstvennaja akademija veterinarnoj medicyny, Rossiya [In Russian].
5. Coyne, J. D. (2012). Equine Pathology for the Surgical Pathologist. *International Journal of Surgical Pathology*, 21 (2), 146–146. doi: 10.1177/1066896912470164.
6. Farrow, C. S. (2006). *Veterinary diagnostic imaging – The horse*. Saskatoon, Canada.
7. *Equine Sports Medicine and Surgery*. (2004). doi: 10.1016/b978-0-7020-2671-3.x5001-6.
8. *Equine Podiatry*. (2007). doi: 10.1016/b978-0-7216-0383-4.x5001-4.
9. Himani, A. K., Anand, A., Singh, N., Uppal, V., & Mohindroo, J. (2019). Clinical occurrence and radiographic diagnosis of distal limb lameness in equine. *Indian Journal of Animal Sciences*, 89 (1), 15–24.
10. Kempson, S. A., & Robb, R. (2004). Infections of equine hoof horn. In *Corrective Farriery*. Vol 2. Ed. S. Curtis. Newmarket, R & W Publications.
11. Kempson, S. A. (2005). *Nutritional Management of Horses with Hoof Diseases*. ENUCO.
12. Oke, R. A. (2003). Unilateral white line disease and laminitis in a quarter horse mare. *The Canadian Veterinary Journal*, 44 (2), 145–146.
13. Collins, S. N., van Eps, A. W., Pollitt, C. C., & Kuwano, A. (2010). The Lamellar Wedge. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 26 (1), 179–195. doi: 10.1016/j.cveq.2010.01.004.
14. Dyson, S. (2011). Can lameness be graded reliably? *Equine Veterinary Journal*, 43 (4), 379–382. doi: 10.1111/j.2042-3306.2011.00391.x.
15. Jeffcott, L. B., Dalin, G., Ekman, S., & Olsson, S.-E. (1985). Sacroiliac lesions as a cause of chronic poor performance in competitive horses. *Equine Veterinary Journal*, 17 (2), 111–118. doi: 10.1111/j.2042-3306.1985.tb02063.x.
16. Greve, L., & Dyson, S. J. (2014). The interrelationship of lameness, saddle slip and back shape in the general sports horse population. *Equine Veterinary Journal*, 46 (6), 687–694. doi:10.1111/evj.12222.
17. Dyson, S. (1986). Shoulder lameness in horses: An analysis of 58 suspected cases. *Equine Veterinary Journal*, 18 (1), 29–36. doi: 10.1111/j.2042-3306.1986.tb03531.x.
18. Buchner, H. H. F., Savelberg, H. H. C. M., Schamhardt, H. C., & Barneveld, A. (1996). Limb movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, 28 (1), 63–70. doi: 10.1111/j.2042-3306.1996.tb01591.x.
19. Poore, L. A. B., & Licka, T. L. (2011). A Quantitative Review of the Equinalysis System for Equine Locomotion Analysis. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31 (12), 717–721. doi: 10.1016/j.jevs.2011.05.016.

20. McIlwraith, C. W. (1984). Experiences in diagnostic and surgical arthroscopy in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 16 (1), 11–19. doi: 10.1111/j.2042-3306.1984.tb01837.x.
21. Baxter, G. M., & Adams, O. R. (2011). *Lameness in Horses*. Chichester, West Sussex ; Ames, Iowa: Wiley-Blackwell.
22. Kyorber, H. D. (2000). *Kovka i bolezni kopyt loshadej. Nastolnaya kniga dlya vladelcev loshadej, veterinarnyh vrachej i kuznecov-kovalej*. Moskva: Akvarium, LTD [In Russian].
23. Pollit, K. K. (1995). *Konechnosti loshadej. Illyustrirovannyj atlas*. Moskva: Mosby [In Russian].

Стаття надійшла до редакції 20.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Кулинич С. М., Омельченко Г. О., Авраменко Н. О., Зезекало М. А., Мостовий С. О. Аналіз хірургічної патології в умовах кінного клубу «Верхова їзда в Полтаві». *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 189–195.

© Кулинич Сергій Миколайович, Омельченко Ганна Олексіївна,
Авраменко Наталія Олексіївна, Зезекало Микола Андрійович,
Мостовий Сергій Олександрович, 2020

original article | UDC 619:612.12:615.9 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.24

THE STATE OF ANTIOXIDANT SYSTEM OF RATS' ORGANISM UNDER CONTINUOUS CADMIUM AND LEAD LOAD

S. O. Slobodian

B. V. Gutyj*

ORCID  [0000-0003-2417-6927](https://orcid.org/0000-0003-2417-6927)

ORCID  [0000-0002-5971-8776](https://orcid.org/0000-0002-5971-8776)

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50, Pekarska str., Lviv, 79010

*Corresponding author

E-mail: E-mail: bvh@ukr.net

Heavy metals lead and cadmium are dangerous environmental pollutants. The mechanism of these poisons' action consists in inhibiting the activity of enzyme systems by blocking carboxyl, amine and SH groups of protein molecules. The aim of the study was to investigate the state of antioxidant protection system of rats under long cadmium and lead load. The system of rats' organism antioxidant protection was investigated on the basis of indices of enzymatic and non-enzymatic elements, namely: catalase, superoxide dismutase activity and the level of reduced glutathione. The experiments were performed on male Wistar line rats weighing 200–220 g, of which 4 groups of animals were formed: control group - they were injected drinking water through a metal probe in a volume equivalent to the volume of aqueous solution of Cd^{2+} and Pb^{2+} salts; experimental group 1 – the animals were administered a 0.029 % aqueous solution of cadmium chloride at a dose of 4.0 mg/kg; experimental group 2 – the animals were administered 16.6 % aqueous lead acetate solution at a dose of 200 mg/kg; experimental group 3 – the animals were administered 16.6 % aqueous lead acetate solution at a dose of 100 mg/kg and 0.029 % aqueous cadmium chloride solution at a dose of 2.0 mg/kg. Introducing cadmium chloride to the rats' organism contributed to a more likely decrease in antioxidant protection system indices in their blood than the administration of lead acetate. This decrease in antioxidant activity was stipulated by the ability of cadmium ions to inhibit the activity of these enzymes to a greater extent than lead ions, but the combined effect of the two studied metals was more pronounced. On the fourteenth day of the experiment, under combined introduction of heavy metals, the lowest activity of the antioxidant protection system was registered in the blood of rats in the third experimental group. On the twenty-first day of the experiment, catalase and superoxide dismutase activity in the blood of rats with lead-cadmium load decreased by 19.7 and 25.2 %, whereas the level of reduced glutathione decreased by 24.4 %, respectively. The conducted investigations made it possible to reveal more deeply the pathogenesis of cadmium and lead toxic effects on rats' organism and use the obtained data in the development of antidote for cadmium-lead intoxication.

Key words: toxicology, cadmium, lead, catalase, superoxide dismutase, reduced glutathione.

СТАН АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЩУРІВ ЗА УМОВИ ТРИВАЛОГО КАДМІЄВОГО І СВИНЦЕВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

С. О. Слободян, Б. В. Гутий,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Важкі метали, Свинець і Кадмій, відносяться до небезпечних забруднювачів довкілля. Механізм дії цих отрут полягає у пригніченні активності ензимних систем у результаті блокування карбоксильних, амінних та SH-груп білкових молекул. Метою роботи було дослідити стан системи антиок-

сидантного захисту організму щурів за умови тривалого кадмієвого і свинцевого навантаження. Систему антиоксидантного захисту організму щурів досліджували за показниками ензимної та неензимної ланки, а саме: активністю каталази, супероксиддисмутази та рівнем відновленого глутатіону. Досліди проводились щурах-самцях лінії «Вістар» масою 200–220 г, з яких було сформовано 4 групи тварин: контрольна група – вводили питну воду через металевий зонд в об'ємі, який еквівалентний об'єму водного розчину солей Cd^{2+} і Pb^{2+} ; дослідна група 1 – тваринам вводили 0,029 % водний розчин кадмію хлориду в дозі 4,0 мг/кг; дослідна група 2 – тваринам вводили 16,6 % водний розчин ацетату свинцю в дозі 200 мг/кг; дослідна група 3 – тваринам вводили 16,6 % водний розчин ацетату свинцю в дозі 100 мг/кг і 0,029 % водний розчин кадмію хлориду в дозі 2,0 мг/кг. Введення в організм щурів кадмію хлориду сприяло вірогіднішому зниженню показників системи антиоксидантного захисту у їх крові, чим введення ацетату свинцю. Таке зниження антиоксидантної активності обумовлене здатністю іонів Кадмію інгібувати активність цих ензимів більшою мірою, ніж іонів Свинцю, проте сумісна дія обох досліджуваних металів є більш вираженою. При сукупному введенні важких металів на чотирнадцяту добу досліду у крові щурів третьої дослідної групи встановлено найнижчу активність системи антиоксидантного захисту. На двадцять першу добу досліду активність каталази та супероксиддисмутази у крові щурів, яким здійснювали свинцево-кадмієве навантаження, знизилася на 19,7 і 25,2 %, тоді як рівень відновленого глутатіону відповідно знизився на 24,4 %. Проведені дослідження дали можливість глибше розкрити патогенез токсичної дії Кадмію та Свинцю на організм щурів і використати ці дані при розробці антидоту у разі кадмієво-свинцевої інтоксикації.

Ключові слова: токсикологія, Кадмій, Свинець, каталаза, супероксиддисмутаза, відновлений глутатіон.

СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА КРЫС ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ КАДМИЕВОЙ И СВИНЦОВОЙ НАГРУЗКЕ

С. А. Слободян, Б. В. Гутый,

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина

Тяжелые металлы, Свинец и Кадмий, относятся к опасным загрязнителям окружающей среды. Механизм действия данных металлов заключается в угнетении активности ферментных систем в результате блокирования карбоксильных, аминных и SH-групп белковых молекул. Целью работы было исследовать состояние системы антиоксидантной защиты организма крыс при длительной кадмиевой и свинцовой нагрузке. Систему антиоксидантной защиты организма крыс исследовали за показателями ферментного и неферментного звена, а именно: активностью каталазы, супероксиддисмутази и уровнем восстановленного глутатиона. Опыты проводились на крысах-самцах линии «Вистар» массой 200–220 г, из которых было сформировано 4 группы животных: контрольная группа – вводили питьевую воду через металлический зонд в объеме, который эквивалентен объему водного раствора солей Cd^{2+} и Pb^{2+} ; исследовательская группа 1 – животным вводили 0,029 % водный раствор кадмия хлорида в дозе 4,0 мг/кг; исследовательская группа 2 – животным вводили 16,6 % водный раствор ацетата свинца в дозе 200 мг/кг; исследовательская группа 3 – животным вводили 16,6 % водный раствор ацетата свинца в дозе 100 мг/кг и 0,029 % водный раствор кадмия хлорида в дозе 2,0 мг/кг. Введение в организм крыс кадмия хлорида способствовало более вероятному снижению показателей системы антиоксидантной защиты в их крови, чем введение ацетата свинца. Данное снижение антиоксидантной активности обусловлено способностью ионов Кадмия ингибировать активность данных ферментов в большей степени, чем ионов Свинца, однако совместное действие обоих исследуемых металлов более выраженное. При совокупном введении тяжелых металлов на четырнадцатые сутки опыта в крови крыс третьей опытной группы установлено низкую активность системы антиоксидантной защиты. На двадцать первые сутки опыта активность каталазы и супероксиддисмутази в крови крыс, которым осуществляли свинцево-кадмиевую нагрузку, снизилась на 19,7 и 25,2 %, тогда как уровень восстановленного глутатиона соответственно снизился на 24,4 %. Проведенные исследования позволили глубже раскрыть патогенез токсического действия Кадмия и Свинца на организм крыс и использовать эти данные при разработке

антидота при кадмиево-свинцовой интоксикации.

Ключевые слова: токсикология, Кадмий, Свинец, каталаза, супероксиддисмутаза, восстановленный глутатион.

Вступ

В умовах промислового тваринництва широкого розповсюдження набуває диспропорція макро-, мікроелементів у раціонах, особливо в умовах нестабільної екологічної ситуації [14]. Це призводить до виникнення у тварин хвороб обміну речовин та погіршення якості продукції тваринництва [11, 12].

Одними з впливових забруднювачів довкілля на сьогодні є важкі метали, а саме Свинець, Кадмій та інші [1, 4, 13]. Вони швидко мігрують та накопичуються в компонентах біосфери (повітря, вода, ґрунт – рослини – тварини – людина), тим самим ускладнюють виробництво якісної сільськогосподарської продукції та негативно впливають на здоров'я людини та тварин [3, 6].

Основним джерелом надходження цих мікроелементів у навколишнє середовище є: згорання палива, пестициди, деякі органічні сполуки, промислові відходи [5, 15]. Через антропогенні джерела в середовище надходить 94–97 % Свинцю, 84–89 % Кадмію [18, 19].

Результати багатьох експериментальних робіт свідчать про те, що в організмі ссавців Кадмій і Свинець проявляють токсичний вплив на низку органів і систем [7, 8, 19]. Тривалий контакт з цими металами та їх надходження до організму, навіть у малих концентраціях, призводить до пригнічення імунітету, зниження опору інфекціям, розвитку алергічної, автоімунної та онкологічної патології [9, 17].

Свинець та Кадмій відносять до тіолових отрут, через їхню здатність зв'язуватися з SH-групами білків [2, 20]. Механізм дії цих отрут полягає у пригніченні активності ензимних систем у результаті блокування карбоксильних, аміних та SH-груп білкових молекул [10, 16].

Саме тому метою роботи було дослідити стан системи антиоксидантного захисту організму шурів в умовах тривалого кадмієвого і свинцевого навантаження.

Матеріали і методи досліджень

Досліди проводились на щурах-самцях лінії «Вістар», масою 200–220 г, з яких було сформовано 4 групи тварин:

1 – контрольна група – вводили питну воду через металевий зонд в об'ємі, який еквівалентний об'єму водного розчину солей Cd^{2+} і Pb^{2+} ;

2 – дослідна група 1 – тваринам вводили 0,029 % водний розчин кадмію хлориду в дозі 4,0 мг/кг;

3 – дослідна група 2 – тваринам вводили 16,6 % водний розчин ацетату свинцю в дозі 200 мг/кг;

4 – дослідна група 3 – тваринам вводили 16,6 % водний розчин ацетату свинцю в дозі 100 мг/кг і 0,029 % водний розчин кадмію хлориду в дозі 2,0 мг/кг.

Упродовж усього експерименту шурів утримували на збалансованому раціоні з усіма необхідними компонентами, питну воду тварини отримували без обмежень зі скляних поїлок об'ємом 0,2 літра.

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей (Страсбург, 1986 р.).

Кров для біохімічних досліджень забирали під ефірним наркозом з яремної вени на 1, 7, 14, 21 та 28 доби досліді. Активність каталази (КТ; К.Ф. 1.11.1.6) визначали за методом М. А. Корольок (1988); активність супероксиддисмутази (СОД; К.Ф. 1.15.1.1) – за методом Є. Є. Дубиніної і співавт. (1983); вміст відновленого глутатіону (G-SH) визначали за методом Є. Батлера [21].

Аналіз результатів досліджень проводили за допомогою пакету програм Statistica 6.0. Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Результати вважали вірогідними при $P \leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

На основі проведених досліджень встановлено, що задавання щурам дослідної групи 0,029 % водного розчину кадмію хлориду в дозі 4,0 мг/кг сприяло зниженню активності супероксиддисмутази протягом усього досліді. Активність СОД на 1 добу досліді в сироватці крові шурів першої дослідної групи знизилася на 3,9 %, на 7 добу досліді – на 11,6 % та на 14 добу досліді – на 23,2 % відносно контрольної групи шурів (табл. 1). Уже починаючи з 21 доби досліді, активність СОД почала дещо зростати порівняно з попередньою добою, однак порівняно з контролем залишалася нижчою на 20,6 %.

1. Стан антиоксидантної системи щурів в умовах кадмієвого навантаження ($M \pm t$, $n=6$)

Показники	Група тварин					
	контрольна	перша дослідна; доба експерименту				
		1	7	14	21	28
G-SH, ммоль/л	2,231±0,055	1,956±0,045 **	1,602±0,042 ***	1,396±0,038 ***	1,701±0,041 ***	1,789±0,045 ***
СОД, ум.од.	1,55±0,006	1,49±0,007 ****	1,37±0,008 ***	1,19±0,005 ***	1,23±0,008 ***	1,33±0,006 ***
Каталаза, мкмоль/хв л	6,76±0,040	6,47±0,095 *	5,84±0,087 ***	5,24±0,099 ***	5,51±0,100 ***	6,26±0,115 **

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

Аналогічні зміни спостерігали і при дослідженні активності каталази, яка на 1 добу дослідів знизилася на 4,3 %. На 7 добу дослідів активність досліджуваного ензиму у крові першої дослідної групи знизилася на 13,6 %, тоді як на 14 добу відповідно на 22,5 % відносно контролю. На 21 добу дослідів активність каталази в сироватці крові першої дослідної групи коливалася в межах 5,51±0,100 мкмоль/хв л, а на 28 добу дослідів – 6,26±0,115 мкмоль/хв л.

Важливим антиоксидантом глутатіонової системи антиоксидантного захисту є відновлений глутатіон. Встановлено, що в умовах кадмієвого навантаження у щурів першої дослідної групи рівень відновленого глутатіону на 7 і 14 добу дослідів знизився на 28,2 і 37,4 % відносно показників контрольної групи. На 21 і 28 доби дослідів рівень показника, який досліджувався, почав дещо зростати й відповідно коливався в межах 1,701–1,789 ммоль/л.

При введенні солей свинцю в організм щурів встановлено зниження активності ензимної ланки антиоксидантної системи. Лише при дослідженні активності супероксиддисмутази на 1 добу дослідів встановлено незначне її підвищення (табл. 2).

2. Стан антиоксидантної системи щурів в умовах свинцевого навантаження ($M \pm t$, $n=6$)

Показники	Група тварин					
	контрольна	друга дослідна; доба експерименту				
		1	7	14	21	28
G-SH, ммоль/л	2,231±0,055	1,985±0,051 1*	1,654±0,040 **	1,423±0,035 **	1,745±0,035 **	1,811±0,044 **
СОД, ум.од.	1,55±0,006	1,59±0,004 *	1,40±0,007 ***	1,21±0,006 ***	1,25±0,008 ***	1,30±0,005 ***
Каталаза, мкмоль/хв л	6,76±0,040	6,51±0,095 *	5,79±0,074 ***	5,32±0,090 ***	5,59±0,084 ***	6,30±0,119 **

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

При дослідженні активності каталази та супероксиддисмутази в сироватці крові щурів другої дослідної групи на 7 добу дослідів встановлено їх зниження відповідно на 14,3 і 9,7 % відносно контролю. Найнижчою активність вказаних ензимів була на 14 добу дослідів, де відповідно до контролю вона знизилася на 21,3 і 21,9 %.

При дослідженні рівня відновленого глутатіону у крові другої дослідної групи встановлено аналогічні зміни показника як і в першому випадку. Однак рівень відновленого глутатіону був дещо вищим ніж у першій дослідній групі. При дослідженні цього показника встановлено, що на 7 і 14 добу дослідів він знизився на 25,9 і 36,2 % відносно контрольної групи щурів.

Значне пригнічення системи антиоксидантного захисту організму щурів спостерігали у третьої дослідної групи, яким здійснювали сукупне навантаження Кадмієм і Свинцем. Встановлено, що на 1 і 7 добу дослідів активність супероксиддисмутази знизилася на 4,5 і 13,5 %, а активність каталази знизилася на 4,6 і 15,5 % відносно контрольної групи щурів. Рівень відновленого глутатіону у вказаний період дослідів відповідно знизився на 13,1 і 29,3 % (табл. 3).

3. Стан антиоксидантної системи щурів в умовах свинцево-кадмієвого навантаження ($M \pm t$, $n=6$)

Показники	Група тварин					
	контро- льна	третя дослідна; доба експерименту				
		1	7	14	21	28
G-SH, ммоль/л	2,231±0,0 55	1,938±0,050 **	1,578±0,039* **	1,376±0,037* **	1,687±0,046* **	1,776±0,040* **
СОД, ум.од.	1,55±0,00 6	1,48±0,005* **	1,34±0,004** *	1,08±0,006** *	1,16±0,003** *	1,29±0,004** *
Каталаза, мкмоль/хв л	6,76±0,04 0	6,45±0,075* *	5,71±0,054** *	5,19±0,090** *	5,43±0,101** *	6,11±0,065** *

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

На 14 добу досліду у крові щурів третьої дослідної групи встановлено найнижчу активність системи антиоксидантного захисту. Таке зниження антиоксидантної активності обумовлене здатністю іонів Кадмію інгібувати активність цих ензимів більшою мірою, ніж іонів свинцю, проте сумісна дія обох досліджуваних металів є більш вираженою.

На 21 добу досліду активність каталази та супероксиддисмутази у крові щурів, яким здійснювали свинцево-кадмієве навантаження, знизилася на 19,7 і 25,2 %, тоді як рівень відновленого глутатіону відповідно знизився на 24,4 %.

Отже, сукупне введення солей Кадмію і Свинцю підсилювало дію кожного з них, про що свідчить значне порушення рівноваги між активністю системи антиоксидантного захисту та інтенсивністю процесів перекисного окиснення ліпідів.

Висновки

Уведення солей Кадмію і Свинцю щурам дослідних груп сприяє зниженню активності системи антиоксидантного захисту організму тварин, зокрема відновленого глутатіону, супероксиддисмутази та каталази.

Сукупне введення солей Кадмію і Свинцю щурам третьої дослідної групи сприяє вірогіднішому зниженню показників антиоксидантної системи, ніж введення токсикантів окремо. Найнижчі показники антиоксидантної системи були у крові щурів третьої дослідної групи на 14 і 21 доби досліду.

Проведені дослідження дали можливість глибше розкрити патогенез токсичної дії Кадмію та Свинцю на організм щурів і використати ці дані при розробці антидоту в разі кадмієво-свинцевої інтоксикації.

Перспективи подальших досліджень. У перспективі планується провести дослідження щодо впливу Кадмію та Свинцю на імунну систему організму щурів та розробити антидот в умовах цієї патології.

References

1. Al-Azemi, M., Omu, F. E., Kehinde, E. O., Anim, J. T., Oriowo, M. A., & Omu, A. E. (2010). Lithium protects against toxic effects of cadmium in the rat testes. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 27 (8), 469–476. doi: 10.1007/s10815-010-9426-3.
2. Ali, M. M., Murthy, R. C., & Chandra, S. V. (1986). Developmental and longterm neurobehavioral toxicity of low-level in utero Cd exposure in rats. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology*, 8 (5), 463–468.
3. Chalaia, O. S. (2013). Vplyv riznykh rivniv kadmiiu ta svyntsiu v ratsioni molodniaku svynei na produktyvnist i zabiini yakosti. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 83, 196–202 [In Ukrainian].
4. Chen, Q. Y., DesMarais, T., & Costa, M. (2019). Metals and Mechanisms of Carcinogenesis. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 59 (1), 537–554. doi: 10.1146/annurev-pharmtox-010818-021031.
5. Gutyi, B., Ostapiuk, A., Kachmar, N., Stadnytska, O., Sobolev, O., Binkevych, V., Petryshak, R., Petryshak, O., Kulyaba, O., Naumyuk, A., Nedashkivsky, V., Nedashkivska, N., Magrelo, N., Golodyuk, I., Nazaruk, N., & Binkevych, O. (2019). The effect of cadmium loading on protein synthesis function and functional state of laying hens' liver. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3), 222–226.
6. Gutyj, B. V., Gufriy, D. F., Binkevych, V. Y., Vasiv, R. O., Demus, N. V., Leskiv, K. Y., Binkevych, O. M., & Pavliv, O. V. (2018). Influence of cadmium loading on glutathione system of antioxi-

dant protection of the bullocks' bodies. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 20 (92), 34–40. doi: 10.32718/nvlvet9207.

7. Hutyi, B. V. (2015). Aktyvnist systemy antyoksydantnoho zakhystu orhanizmu bychkiv za hostroho kadmiievoho toksykozu. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 17, 1 (1), 31–36 [In Ukrainian].

8. Kuras, L. D., & Ersteniuk, H. M. (2019). Pokaznyky enerhetychnoho obminu v sertsevi tkanyni eksperymentalnykh tvaryn za umov vplyvu kadmii khlorody. *Medychna ta Klinichna Khimiia*, 21 (1), 25–31 [In Ukrainian].

9. Lavryshyn, Y. Y., & Gutyj, B. V. (2019). Protein synthesise function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21 (94), 92–96. doi: 10.32718/nvlvet9417.

10. Lavryshyn, Y. Y., Gutyj, B. V., Palyadichuk, O. R., & Vishchur, V. Y. (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 20 (88), 108–114. doi: 10.32718/nvlvet8820.

11. Lavryshyn, Y. Y., Gutyj, B. V., Paziuk, I. S., Levkivska, N. D., Romanovych, M. S., Drach, M. P., & Lisnyak, O. I. (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21 (95), 107–111. doi: 10.32718/nvlvet9520.

12. López Alonso, M., & Bénédict, J. L. (2002). Interactions Between Toxic and Essential Trace Metals in Cattle from a Region with Low Levels of Pollution. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42 (2), 165–172. doi: 10.1007/s00244-001-0012-7.

13. Marushko, Yu. V., Tarynska, O. L., Olefir, T. I., Fus, S. V. (2010). Kadmii: nakopychennia ta vplyv na orhanizm dytyny. *Medychna nauka Ukrainy*, 3, 62–67 [In Ukrainian].

14. Myslyva, T. M. (2013). Svynets i kadmii u hruntakh ahrolandshaftiv Zhytomyrskoho Polissia. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahroloho Universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*, 3, 43–50 [In Ukrainian].

15. Myslyva, T. M. (2013). Svynets i kadmii u hruntakh pryrodnykh i ahrolandshaftiv Zhytomyrskoho Polissia. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1 (1), 36–49 [In Ukrainian].

16. Ostapyuk, A. Y., & Gutyj, B. V. (2018). Influence of cadmium loading on morphological parameters of blood of the Laying Hens. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 20 (88), 48–52. doi: 10.32718/nvlvet8808.

17. Ostapyuk, A. Y., & Gutyj, B. V. (2019). Influence of cadmium sulfate at different doses on the functional state of the liver of laying chicken. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21 (94), 103–108. doi: 10.32718/nvlvet9419.

18. Petrynych, V. V., Vlasyk, L. I., & Petrynych, O. A. (2017). Svynets: toksykolohichni, hiihiienichni ta biolohichni aspekty. *Klinichna ta Eksperymentalna Patolohiia*, 16 (2), 97–102 [In Ukrainian].

19. Slobodian, S. O., Gutyj, B. V., & Leskiv, K. Y. (2019). The level of lipid peroxidation products in the rats blood under prolonged cadmium and lead loading. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2 (3), 15–18. doi: 10.32718/ujvas2-3.04.

20. Stepanchuk, V. V. (2014). Ontohenetychni osoblyvosti tsyrkadiannykh khronorytmiv vilnoradykalnoho homeostazu za umov svyntsevoho otruiennia. *Klinichna ta Eksperymentalna Patolohiia*, 13 (2), 131–133 [In Ukrainian].

21. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratych, I. B. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnystvi ta veterynarnii medytsyni: Dovidnyk*. V.V. Vlizlo (Ed.). Lviv. SPOLOM [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 20.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Слободян С. О., Гутий Б. В. Стан антиоксидантної системи організму щурів в умовах тривалого кадмієвого і свинцевого навантаження. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 196–201.

© Слободян Соломія Оліківна, Гутий Богдан Володимирович, 2020

review article | UDC 6.61.619.57.579 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.25

THE HISTORY OF SEARCHING METHODS OF SELECTIVE NUTRIENT MEDIA PREPARATION FOR MYCOPLASMAS CULTIVATION

V. P. Berdnik^{1*}

I. Yu. Berdnik¹

V. O. Ushkalow²

ORCID  [0000-0003-2664-8035](https://orcid.org/0000-0003-2664-8035)

ORCID  [0000-0002-2181-9002](https://orcid.org/0000-0002-2181-9002)

ORCID  [0000-0001-5694-632X](https://orcid.org/0000-0001-5694-632X),

¹ Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 16, Polkovnyka Potiekhina, Kyiv, 03127, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: berdgik36@gmail.com

The results' analysis obtained in searching of selective nutrient mycoplasmal media (SNMM) for the period of 120 years and published by several generations of scientists from different countries of the world, including the authors of this article, is presented. Mycoplasma, the causative agent of contagious cattle pleuropneumonia, was first cultivated by E. Nocard, E. R. Roux et al. (1898) in beef – extract broth (BEB) that was embedded in a collodion bag and sewn into the rabbit peritoneal cavity. The first variants of the medium were based on BEB or on Marten's broth and the blood serum of animals, mainly horses. D. G. Edward (1947) suggested to add yeast extract to the media. R. M. Chanock et al. (1962) introduced the horse blood serum, yeast extract, lactalbumin hydrolyzate and DNA into the medium. It was the first time that they had cultivated the causative agent of the so –called human atypical pneumonia, Eaton agent, which was considered a virus. It was a powerful impetus to further studying mycoplasma properties and features of the diseases caused by them – mycoplasmosis of humans, animals, birds, reptiles, fish, arthropods, and plants. A number of methods have been suggested to diagnose mycoplasmoses: from microbiological (mycoplasmaological, cultural) to genetic and molecular types of polymerase chain reaction (PCR). But only mycoplasma is the basic method –“gold standard”, all the rest are additional. Only with its help it is possible to obtain mycoplasma cultures, to study their biological properties, to make diagnostics and vaccines from them. With this purpose, it is necessary to have SNMM, that would provide mycoplasmas with plastic material and energy, and to know the conditions for their successful cultivation. *M. penetrans* culture was isolated by S.C.Lo et al. (1991, 1992) from human urine samples infected with the immunodeficiency virus, 29 years after the identification of the Eaton agent. It has led to the thought that, although more than 200 species of Mollicutes class have been cultivated at present, they are only part of the total number existing in nature. Therefore, their search in different hosts should be continued, but using more improved SNMM. Several hundreds have been tested with this aim and it has been concluded that it is impossible to produce a universal medium for all the species described, because they have different nutritional and cultivation conditions and requirements. Certain media meet the requirements of a few species only. *Phytoplasma* for *Haemobartonella* and *Eperythrozoon* cannot be cultivated in vitro so far.

Key words: mycoplasma, selective nutrient media, blood serum, yeast extract.

ІСТОРІЯ ПОШУКУ МЕТОДІВ ПРИГОТУВАННЯ СЕЛЕКТИВНИХ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКОПЛАЗМ

В. П. Бердник¹, І. Ю. Бердник¹, В. О. Ушкалов²,

¹Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна.

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Приведений аналіз результатів пошуку методів приготування селективних поживних мікоплазменних середовищ (СПМС) за 120 років, виконаний науковцями декількох поколінь різних країн світу, зокрема й авторів цієї статті. Вперше мікоплазму – збудника контагіозної плевропневмонії великої рогатої худоби – виростили Е. Nocard, Е. R. Roux et al. (1898) у м'ясопептонному бульйоні (МПБ), що був у колодійному мішечку, вишитому в очеревинну порожнину кролика. Перші варіанти середовищ мали як основу МПБ чи бульйон Мартена і сироватку крові тварин, переважно коней. D. G. Edward (1947) запропонував добавляти в них ще і екстракт дріжджів. R. M. Chapock et al. (1962) в середовище ввели сироватку крові коней, екстракт дріжджів, лактальбумін гідролізат і ДНК. На ньому вони вперше виростили збудника атипової пневмонії людей – агента Ітона, який вважали вірусом. Це було могутнім стимулом подальшого вивчення властивостей мікоплазм і особливостей захворювань, до яких вони призводять – мікоплазмозів людей, тварин, птиці, рептилій, риб, членистоногих і рослин. Для їх діагностики запропоновано низку методів – від мікробіологічного (мікоплазмозологічного, культурального) до генетичних і молекулярних на зразок полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Але базовим, «золотим стандартом» є лише мікоплазмозологічний, решта – додатковими. Тільки з його допомогою можна одержати культури мікоплазм, вивчити їхні біологічні властивості, виготовити з них діагностичуми та вакцини. На його виконання необхідно мати СПМС, які б забезпечували мікоплазми пластичним матеріалом і енергією, та знати умови для їх успішного культивування. Культуру *M. penetrans* ізолювали S. C. Lo et al. (1991, 1992) з проб сечі людини, зараженої вірусом імунodefіциту, через 29 років після ідентифікації агента Ітона. Це змусило думати, що на сьогодні хоч і вдалось культивувати понад 200 видів класу *Mollicutes*, вони є лише частиною тієї кількості, які існують у природі. Тому пошуки їх у різних господарів треба продовжувати, але із застосуванням більш досконалих СПМС. Для цього випробувано їх декілька сотень і зроблено висновок – не вдається виготовити універсальне середовище для всіх описаних їх видів, бо вони мають різні потреби щодо живлення та умов культивування. Поки що неможливо було виростити *in vitro* фітоплазм, *Haemobartonella* і *Eperythrozoon*.

Ключові слова: мікоплазми, селективні поживні мікоплазменні середовища, сироватка крові, екстракт дріжджів.

ИСТОРИЯ ПОИСКА МЕТОДОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СЕЛЕКТИВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКОПЛАЗМ

В. П. Бердник¹, И. Ю. Бердник¹, В. А. Ушкалов²,

¹Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина.

²Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины, г. Киев, Украина

Приведен анализ результатов поиска методов приготовления селективных питательных микоплазменных сред (СПМС) в течение более чем 120-летнего периода учеными нескольких поколений, в том числе и авторами статьи. Первые варианты СПМС имели в качестве основы МПБ или бульон Мартена и сыворотку крови животных. Их качество улучшено путем добавления дрожжевого экстракта (D. G. Edward, 1947). Позже в СПМС ввели дрожжевой экстракт, сыворотку крови лошадей, лактальбумин гидролизат и ДНК (R. M. Chapock et al., 1962). С ее помощью было доказано, что возбудитель первичной атипической пневмонии человека (агент Итона) есть не вирусом, как считали, а микоплазмой. Это стало мощным стимулом последующего изучения свойств микоплазм и особенностей болезней, которые они вызывают – микоплазмозов людей, животных, птиц, рептилий, рыб, членистоногих и растений. Для их диагностики предложено ряд методов – от культурального (микоплазмозологического) до молекулярного типа полимеразной цепной реакции. Однако базовым есть лишь один – микоплазмозологический, остальные – дополнительные. Только с его помощью можно получить культуры микоплазм, изучить их биологические свойства, изготовить из них диагнос-

тикумы и вакцины. На его осуществление необходимо иметь СПМС, которые бы обеспечивали микоплазмы пластическим материалом и энергией, и знать условия для их культивирования. Культуру *M. penetrans* изолировали (S. C. Lo et al., 1991, 1992) с проб мочи человека, зараженного вирусом иммунодефицита, спустя 29 лет после идентификации агента Итона как микоплазмы. Это показало, что кроме более 200 видов, культивируемых на сегодняшний день, в природе есть еще пока неизвестное нам их количество. Поэтому поиск их у разных хозяев необходимо продолжить с использованием нескольких усовершенствованных СПМС, ибо предложить их универсальный вариант для всех описанных видов микоплазм пока никому не удалось.

Ключевые слова: микоплазмы, селективные питательные микоплазменные среды, сыворотка крови, экстракт дрожжей.

Початок історії пошуків середовищ. Уперше мікоплазму – збудника контагіозної плевропневмонії (періпневмонії) великої рогатої худоби (ВРХ) виростили у м'ясопептонному бульйоні, який був у колодійному мішечку, вшитому в черевну порожнину кролика [74].

Для виділення і культивування збудників періпневмонії ВРХ та інфекційної агалакції кіз і овець використовували спочатку поживне середовище, у яке входили бульйон Мартена і сироватка крові коня, а пізніше – середовища, основою яких були різні варіанти ферментативного гідролізату тканин тваринного походження. Такі ж середовища були використані при виділенні мікоплазм від хворих на чуму собак [86] та *Acholeplasma (A.) laidlawii* зі стічних вод [69]. Для культивування *Mycoplasma (M.) mycoides* розробили поживне середовище BVF, основою якого став пептон (перевар) з печінки і м'яса ВРХ та добавка 5–10 % сироватки крові коня [91]. Позитивно впливали на ріст збудника і сировотки крові овець, кроликів чи коней [88].

D. Edward (1947) [54] опублікував склад селективного поживного середовища, у яке входили настій з м'язу серця ВРХ (основа), 20 % сироватки крові коня і 10 % екстракту дріжджів. При виділенні мікоплазм з органів розмноження ВРХ до цього середовища рекомендували добавляти ДНК тимусу та муцин шлунків свиней [55].

H. E. Morton et al. (1951) [73] запропонували для мікоплазменного середовища як основу витяжку з серця ВРХ і бактопептон, обезводнену форму якого й сьогодні виготовляють в США (Difco) і Індії (Himedia) і реалізують як бакто – PPLO бульйон та агар Difco [66].

R. Chanock і співавт., (1962) [51] опублікували поживне середовище, у складі якого було 700,0 мл дистильованої води, 28,5 г бакто – PPLO бульйону Діфко, 200,0 мл сироватки крові коня і 100,0 мл 25,0 % екстракту дріжджів. На ньому автори вперше виростили агента Ітона (ЦПД – агента на культурі клітин) – збудника первинної атипової пневмонії людей і, таким чином, доказали, що він є не вірусом, як вважали до цього, а мікоплазмою, названою *M. pneumoniae*. Це повідомлення дало досить сильний стимул щодо подальшого розвитку мікоплазмології. Воно підштовхнуло інших дослідників на перевірку ряду ЦПД – агентів (їх вважали не ідентифікованими вірусами), які росли на культурах клітин чи курячих ембріонах і були патогенними для тварин і людини. Так, в 50-ті роки попереднього століття захворювання свиней, при якому спостерігали ураження легень серозно-катаральним запаленням і перебіг у формі ензоотії, називали «вірусною пневмонією». Підстави для цього були – збудника виділяли з патологічного матеріалу з допомогою культур клітин чи курячих ембріонів, вважали вірусом, бо він проявляв цитопатогенну дію на культуру клітин [48, 49]. ЦПД – агент (J – агент), з яким працювали названі вчені, був ідентифікований як мікоплазма – *M. suis pneumoniae* [72, 79].

Середовище R. Chanock і співавт. (1962) [51] модифікували до такого складу: 28,5 г витяжки серця ВРХ, 900 мл дистильованої води, 200 мл сироватки крові коня, 100,0 мл 25,0 % екстракту дріжджів, 12,0 мл 0,2 % розчину ДНК, 10,0 мл 1,0 % розчину оцтовокислого талію і 2,5 мл розчинупеніциліну, що мав 20000 ОД/мл. Згодом воно було відомим як середовище Хейфліка.

Потрібно відмітити, що дослідники того часу особливу увагу звернули на методи приготування екстракту дріжджів. Для цього брали пивні дріжджі. З них готували суспензію на дистильованій воді у співвідношенні 1 : 4, кип'ятили, поки не перестала утворюватися піна і фільтрували, пропускаючи через стерилізуючі пластини фільтру Зейтца [54]. Інші автори готували екстракт з хлібних дріжджів за описаною методикою, але з модифікацією: після кип'ятіння суспензію пропускали через фільтрувальний папір. У фільтраті установляли гідроксидом натрію рН 8,0 і стерилізували в автоклаві [51]. Якість середовища Хейфліка стала значно кращою після того, як у нього ввели екстракт дріжджів, приготовлений за модифікованою методикою Herst [70]. Він запропонував брати дріжджі і воду у

співвідношенні 1 : 1. У суміші установлювали рН 4,5 і витримувати у водяній бані з температурою 80 °С 20–0 хвилин та фільтрувати через стерилізуючі пластини фільтру Зейтца. В поживному середовищі установлювати рН 7,8–8,0, додаючи розчин двоохаміщеного фосфорнокислого калію.

Зважаючи на поради [54], розроблено й описано [22] методику приготування агарового середовища на основі бульйону з настою серцевого м'язу ВРХ. У нього при 60 °С додають до 5 % дефібринованої крові будь-якого виду тварин. Суміш двічі кип'ятять і видаляють «шоколадні пластівці» шляхом пропускання через фільтрувальний папір у стерильних умовах при температурі близько 70 °С, установлюють рН 7,8–8,0; стерилізують текучою парою 5–10 хвилин, охолоджують до 50–55 °С, додають 20 % стерильної сироватки крові коня, розливають у пробірки по 5–7 мл, охолоджують до 20 °С і зберігають при 4 °С. Перед застосуванням нагрівають у водяній бані до 50–55 °С і скошують.

Для виділення мікоплазм з легень свиней, уражених серозно-катаральним запаленням, успішно застосували поживне середовище, у складі якого було 39 % збалансованого розчину Хенкса, 30 % бульйону з легеневої тканини поросят, 20 % інактивованої сироватки крові свиней, 10 % гідролізату лактабуміну, 0,5 % екстракту дріжджів та пеніцилін і оцтовокислий талій [55]. Згодом R. Goodwin і J. Pryor (1970) замінили в ньому бульйон з легеневої тканини на триптичний перевар м'язу серця ВРХ.

При вивченні мікоплазмозу птахів та інфекційного синуситу індиків використовували поживні середовища BVF, D. Едварда і інші. R. Lemcke (1965) [70] увів у середовище BVF екстракт дріжджів, чим значно підвищив його якість [45].

Отже, D. Edward, H. Morton зі співавт., R. Chanock зі співавт., E. Klineberger – Nobel й інші дослідники суттєво вплинули на подальші дослідження щодо розробки методів виготовлення якісних поживних середовищ для культивування мікоплазм.

Подальші успіхи і проблеми в розробці методів приготування поживних середовищ та їх значення для науки і практики. З 1960 року збільшилася кількість публікацій про мікоплазм та захворюваннях, які вони спричиняють у людей, тварин, птиці й рослин. 1974 року в Бордо проходить Перший міжнародний конгрес з мікоплазменних захворювань рослин і тварин, а 1976 року створюється Міжнародна організація з мікоплазмалогії (ММО). 1978 року на Другому конгресі ММО у Мюнхені й Міжнародному конгресі мікробіологів у Мюнхені було вирішено всі знання про мікоплазми об'єднати в окрему науку мікоплазмалогію.

До сьогодні відкрито й описано властивості понад 200 видів мікоплазм. Значна їх частина є збудниками (чи підозрюються в цьому) захворювань людини, тварин, рептилій, риб, членистоногих та рослин [5, 32, 40, 80].

Розробляються нові та удосконалюються уже відомі методи й засоби їх діагностики, профілактики та боротьби з ними. На озброєнні вчених і практиків ветеринарної і гуманної медицини є цілий комплекс методів досліджень властивостей мікоплазм та особливостей мікоплазмозів від мікробіологічного (мікоплазмалогічного, культурального) до сучасних генетичних і молекулярних на зразок полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР).

Мікоплазмалогічний метод є «золотим стандартом» діагностики захворювань, спричинених молекулами. Тільки з його допомогою можна одержати культури мікоплазм, вивчити їхні біологічні властивості, виготовити з них діагностичні та вакцини. Він є базовим методом діагностики, а решта – додатковими [2, 3, 5–7, 19, 33, 39, 41, 50, 59].

На виконання мікоплазмалогічного методу необхідно мати поживні середовища, які б забезпечували мікоплазми пластичним матеріалом і енергією, та знати умови для їх успішного культивування [1, 4, 5, 7, 16, 18, 20–25, 30–33, 39, 41, 43, 54, 58, 60, 62, 63, 79]. Отже, можна припустити, що проблема культивування молекулів уже розв'язана. Проте це далеко не так. Дехто з авторів [5, 9, 80, 81] підкреслювали, що мікоплазми дуже важко культивувати. Вони ростуть слабо й повільно на більшості запропонованих сьогодні поживних середовищ. Це стримує подальше, більш глибоке вивчення властивостей мікоплазм та розробку лабораторних методів діагностики захворювань, які вони спричиняють. Уже більше 30 років усе ще безрезультатно докладають великих зусиль щодо культивування *in vitro* хоча б однієї з фітоплазм, які інфікують комах та рослин. Допускають, що вони потребують анаеробних умов [67, 68, 81].

Паразити еритроцитів тварин – *Haemobartonella* і *Eperythrozoon* – мають ознаки, властиві мікоплазмам. Про це свідчать результати вивчення їх філогенезу, послідовності генів 16 S рибосомальної РНК, відсутність клітинної стінки, чутливість до тетрациклінів, можливість виявлення з допомогою

ПЛР тощо. Їх, як і фітоплазм, поки що не вдається вирощувати на безклітинних поживних середовищах. Тому назріла необхідність у проведенні повторної класифікації молікютів [46, 71].

Культуру чергового виду з класу Mollicutes – *M. penetrans* ізолювали S. C. Lo, et al. (1991, 1992) з сечі людини, зараженої вірусом імунодефіциту, застосовуючи середовище SP 4 [9, 81] через 29 років після ідентифікації агента Ітона як мікоплазми [51]. Це призвело до висновку, що на сьогодні вдалося культивувати лише частину з усієї кількості видів молікютів, існуючих у природі. Тому пошуки їх у різних господарів треба продовжувати, але із застосуванням більш досконалих селективних поживних середовищ [5, 48, 50, 81]. Вони потрібні і для розв'язання інших проблем біології. Зокрема, мікоплазми є зручною моделлю для вивчення геномів мікроорганізмів і дослідів у новому науковому напрямі – синтетичній біології. Зокрема, Крейг Вентер зі співавторів створили штучний геном із синтезованих хімічним шляхом фрагментів ДНК, які методами клонування були зшиті та вставлені до мікроструктурної одиниці наявного у природі виду – *M. genitalium*. Її культура лишилася життєздатною, але з властивостями, зміненими відповідно до штучного геному, до речі, у якому виявили й низку генів з невідомими функціями [53].

Напрями в розробці методів удосконалення якості основних компонентів поживних середовищ. За походженням мікоплазми є гілкою грампозитивних бактерій, які втратили значну частину генів, що забезпечували асимілятивні процеси. У них залишились тільки гени, які найбільш потрібні для збереження життєдіяльності. З іншого боку, в них розвинулись генетичні системи, які забезпечують мінливість зовнішніх протеїнів та ліпопротеїнів. Завдяки цьому мікоплазми уникають контролю імунної системи господаря і виживають лише як паразити [81].

Для успіху в удосконаленні вже схвалених чи розробці нових методів приготування компонентів та поживних середовищ з них дослідники, як правило, беруть до уваги літературні дані; біологічні властивості мікоплазм, зокрема, хімічний склад їх мікроструктурних часток (клітин), потреби в живленні й інші умови, необхідні для росту і розмноження.

У мембранах мікоплазм є в межах 51,0–80,0 % білків, 19,0–40,0 % ліпідів та 0,2–9,0 % вуглеводів. Вони не можуть синтезувати жирні кислоти з довгим ланцюгом та використовувати одну жирну кислоту замість іншої, добавленої в середовище. *A. laidlawii* синтезує лише насичені жирні кислоти, а ненасичені засвоює з середовища. Тому їх туди треба добавляти. На ріст мікоплазм позитивно впливають жирні кислоти з розгалуженим ланцюгом (ізопальмітинова, ізостеаринова й інші) та транс-моноєнові кислоти (елаїдат і інші), індиферентно – з прямим ланцюгом та цис-моноєнові жирні кислоти й негативно діють жирні кислоти, які мають більшу кількість подвійних зв'язків та метильні групи в них. Арахідонова кислота засвоюється мікоплазмами дуже слабо. У мембранах є до 40 % холестеролу, але синтезувати його мікоплазми не можуть. Жирні кислоти й холестерол треба добавляти в середовище як спиртові розчини (спирт до 0,5 %, а холестерол до 10 мкг/мл). Холестерол розчиняють також у твіні-80 (спочатку холестерин розчиняють у спирті 20 мг/мл, а потім в 10 % розчині твіну-80). У мембранах мікоплазм трапляються такі вуглеводи, як галактоза, манноза, фукоза, галактозамін, глюкозамін, глюкоза й сіалова кислота. Сіалова кислота забезпечує негативний електричний заряд на поверхні мікроструктурної частки еукаріота [66–69].

Вимогливі та «некультивуєчі» штами *M. hyorhinae* мають такі ж потреби в живленні, як і культивуєчі, але вони чутливіші до інгібіторної активності окремих компонентів середовища з невизначеним хімічним складом. РНК стимулювала ріст *M. arginini* і *M. hominis*, а сироватка крові плодів – *M. hyorhinae*. Автори запропонували мікоплазменне рідке та щільне поживні середовища CMRL-1066 (M-CMRL), які готують за затвердженими схемами, але додають сироватку крові плоду BPX, витриману у водяній бані при 56 °C протягом 30 хв. Щільне середовище готують на основі рідкого з добавкою агарози [4–7, 18, 23–25].

Основа. Ще в попередньому столітті запропоновані як обов'язкові компоненти поживних середовищ для мікоплазм основа (бульйон), сироватка крові та екстракт дріжджів [45, 54]. Вони залишилися такої ж якості в мікоплазменних середовищах, приготовлених за раніше відомими й сучасними прописами. Методики приготування цих компонентів мали деяку відмінність у різних авторів. Широко відомою основою середовищ була і є витяжка з м'язу серця BPX і бактопептон [73]. Одержані позитивні результати при випробуванні для цього перевару плаценти, бактопептону, агару і асцитної рідини [56].

M. Ogata (1967) випробував екстракти серця і м'яса декількох видів тварин; екстракти дріжджів, приготовлені різними методами; пептони різного походження й сироватки крові тварин декількох видів. Він дійшов висновку, що найкращий ріст мікоплазм був при застосуванні в середовищах відва-

ру серцевого м'язу ВРХ, сироватки крові коня, свіжого екстракту дріжджів і пептону фірми BBL [45].

У модифікованих середовищах Всесоюзного інституту експериментальної ветеринарії (BIEB) основою були бульйони з екстракту м'яса ВРХ, пептону Мартена, або триптичного гідролізату серцевого м'язу ВРХ [4, 6, 7, 9, 23, 24, 25, 51].

Сироватка крові. Більшість дослідників вводили в поживні середовища для мікоплазм сироватку крові коней чи свиней у 20 % концентрації, що сприятливо впливало на ріст більшості видів мікоплазм. Сироватка крові ВРХ уже в 10 % концентрації затримувала ріст деяких видів мікоплазм [23]. Окремі серії сироваток крові тварин можуть затримувати ріст мікоплазм. Токсичність сироватки крові свиней зникала після обробки її березовим чи кістковим активованим вугіллям (60–70 г/л). Застосування для цього соляної кислоти (до рН 3–3,5), поліетиленгліколю, поліетиленіміну було неефективним [26]. Нативну сироватку крові в середовищі заміняли, правда не завжди з позитивними результатами, сироватковою фракцією ПППО фірми Діфко [47], свіжим знежиреним молоком корів [14], альбуміном сироватки крові ВРХ і свиней [34] чи людини [27], сумішшю альбуміну, холестерину й жирних кислот [84].

Екстракт дріжджів. У середовищах для мікоплазм випробовували екстракти хлібних дріжджів [1, 5, 51, 59, 65], пивних [5, 29, 54, 64] чи будь-яких інших [6, 18, 32, 45, 75]. Екстракт пресованих дріжджів Московського заводу краще стимулював ріст мікоплазм, ніж Лохвицького, а ще краще – рідких дріжджів Полтавського пивзаводу. Всі три види екстрактів готували на дистильованій воді. Але самі дріжджі готували із застосуванням води місцевих водогонів. Крім того, вони відносилися до одного виду – *Saccharomyces cerevisiae*, але різних рас. Навіть на одному заводі можлива заміна однієї раси іншою. На Полтавському пивзаводі замінили расу 11 на RH – мутанта. Причому екстракт з дріжджів раси 11 був кращим стимулятором росту мікоплазм, ніж з RH – мутанту [5].

Екстракт дріжджів є одним з компонентів середовища, без якого неможливий задовільний ріст мікоплазм. З іншого боку, він може містити речовини, які пригнічують їх ріст [61, 78, 81]. Тому на екстракт дріжджів ми звернули особливу увагу. В порівняльному аспекті вивчили можливість впливу на якість екстрактів пивних дріжджів, які мали різницю за видами (хлібні, пивні дріжджі), комерційними формами (пресовані, рідкі, сухі) і їх виробниками (Полтавський пивзавод, Львівські пресовані й сухі, Одеські пресовані і Французькі сухі), методиками виготовлення та оптимальною кількістю в середовищі. Завись львівських пресованих дріжджів 25 % концентрації мала 2,8 % білка і її взяли за стандарт. Проби зависів з інших видів дріжджів готували так, щоб вони мали таку ж кількість білку. Для цього, наприклад, сухих дріжджів брали по 6,6 г. Для одержання осаду пивні дріжджі центрифугували при 2000 об./хв протягом 15–20 хвилин. Усі зависі дріжджів готували на бідистильованій або знесоленій воді.

Наші спостереження показали, що екстракт дріжджів інтенсивно стимулював ріст мікоплазм, як що був прозорим, без осаду і мав слабкий жовто-зелений колір. Такі показники зовнішнього вигляду мав екстракт дріжджів з рН 4,5 після фільтрації через азбестові пластини СФ. Але методика його приготування є більш складною, ніж шляхом витримування в автоклаві при 121 °С. В останньому випадку в екстракті з'являлись коричневий колір, опалесценція чи осад. Імовірно, що ці ознаки свідчили про наявність у екстракті інгібіторів росту мікоплазм.

Прозорий екстракт пивних дріжджів з рН 7,8 одержали після попереднього витримування їх при 37 °С протягом 2 годин, пресованих – 2–3 –разового промивання їх зависі фізіологічним розчином натрію хлориду у співвідношенні 1 : 5 – 1 : 10, а осад усунули шляхом двохступеневого витримування екстракту в автоклаві при 121 °С. Спочатку екстракт витримували при 121 °С протягом 5 хв., охолоджували до 20–22 °С і пропускали через фільтрувальний папір. Фільтрат остаточно стерилізували при 121 °С протягом 20 хв. [12–13]. Подібний методичний прийом уже застосовували [5], але щодо бульйонів у середовище для мікоплазм.

Краще за інших стимулювали ріст мікоплазм екстракт полтавських пивних і львівських сухих дріжджів. Оптимальною для росту мікоплазм є концентрація екстракту дріжджів у межах 2–4 об'ємних відсотків.

Мікоплазми, які розкладають аргінін, краще ростуть у середовищі з екстрактом дріжджів з рН 7,8, а глюкозу – рН 4,5 [1, 5, 10–13].

Назви найбільш уживаних селективних поживних середовищ та результати власних пошуків щодо їх удосконалення. Деякі дослідники їх умовно поділяють на середовища з компонентами частково відомим та відомим складом. Частково відомий хімічний склад мають основа (бульйон),

екстракт дріжджів і сироватка крові.

У літературі відомо сотні прописів та методів виготовлення поживних середовищ частково відомого складу для виділення та культивування різних видів молюсків. Вони включають основу (тепловитяжку з м'язу серця ВРХ, пептон Мартена тощо), екстракт дріжджів, сироватку крові тощо. Сироватку крові лише частково можуть замінити фосфоліпіди, сироватковий альбумін і холестерин, розчинений у 0,01 % розчині твіну-80. Складні мікоплазменні середовища потрібні для забезпечення потреб у живленні мікоплазм і нейтралізації токсичних для них речовин [5, 78]. Експериментально показано, що «некультивуємі мікоплазми» є досить чутливими до токсичних речовин, які є в пептоні та екстракті дріжджів [61], зокрема, жирних кислотах [78, 81].

Від якості компонентів та рецептів приготування середовищ залежить успіх у вирощуванні «дуже вимогливих» до умов культивування і «некультивуємих» мікоплазм. Важливою умовою цього є відсутність у поживному середовищі речовин, які пригнічують їх ріст. Тому контроль якості мікоплазменного середовища треба починати з контролю якості усіх складників його компонентів [5, 16, 92].

Мікоплазми – факультативні анаероби. Тому при первинній ізоляції їх культури краще вирощувати в атмосфері вуглекислого газу. Анаероплазми та астероплазми є суворими анаеробами, бо вони втратили системи, які нейтралізують токсичні властивості кисню. *M. hyorhinis* вимагає аеробної атмосфери [61]. *M. hyopneumoniae* пропонують культивувати на курячих ембріонах, які розвиваються [28].

Описані методики й рецепти приготування середовищ для культивування мікоплазм: модифіковане ВІЕВ, Едварда, середовище на основі триптичного гідролізату м'язів серця ВРХ, Р. Р. Чалквіста для ізоляції *M. synoviae* й інші., а також уреоплазм: модифіковані середовища Хейфліка і Лівінгстона [24].

У гуманній медицині застосовують середовища Хейфліка, Г. Я. Каган, SP – 4, для уреоплазм, агаризоване середовище, А5К і інші [32, 33].

У наступному джерелі [57] приведені рецепти приготування найбільш відомих середовищ для культивування мікоплазм:

1. В – модифіковане середовище Л. Хейфліка (1965), на якому добре ростуть культури більшості видів мікоплазм і ахлеоплазм.
2. N є кращим, ніж середовище В для вирощування *M. anatis*, *M. bovis genitalium*, *M. edwardsii*, *M. felis*, *M. maculosum*, *M. meleagridis*, *M. sputans* та *M. verecundum*.
3. BACY – для культивування *M. faucium* і *M. lipophilum*.
4. F – запропоноване Frey для культивування *M. synoviae*.
5. A26 застосували [85] для вирощування *M. hyopneumoniae* і *M. floccularae*.
6. FF [58 у модифікації 85] для культивування *M. hyopneumoniae*, *M. floccularae* і *M. dispar*.
7. GS, адаптоване R. N. Gourlay and R. H. Leach (1970), для *M. dispar*.
8. SP-4 розроблене для культивування спіроплазм, але ростуть і класичні мікоплазми – *M. pneumoniae*, *M. genitalium*, *M. fermentans*, *M. dispar*, *M. synoviae*, *M. fastidiosum*, *M. feliminutum*, *M. alvi* та *M. suis* [89, 90].

Середовища В, N, BACY і F застосовують в FAO/WHO Міжнародного центру стандартів мікоплазм тварин [57].

Відомі праці щодо розробки й удосконалення компонентів і середовищ для культивування мікоплазм науковцями України [5, 10, 15, 21, 34, 41, 44].

Запропоновано середовище для вирощування *M. mycoides* subsp. *mycoides* (C2) з частково відомим складом, куди входила і знежирена сироваткова фракція С у солюбілізованому холестеролі. В його модифікаціях – середовища С4 та С5 додавали холестерол і жирні кислоти як розчини в етанолі. Середовища попередньо підігрівали. В них був альбумін сироватки крові ВРХ, звільнений від жирних кислот [52, 83]. Середовище С4 запропоновано для вирощування *M. mycoides* subsp. *mycoides* штам Y, а С5 – *M. capricolum* [82]. Ще одне середовище з частково відомим складом рекомендоване для вирощування штамів PG8 і PG9 *A. laidlawii* [76]. У його удосконаленому варіанті тріс – HCl буфер замінили на буфер з натрієвої солі HEPES, 1 % розчин альбуміну сироватки крові ВРХ фракцію У – на 0,2 % розчин альбуміну сироватки крові ВРХ, обробленого активованим вугіллям, та добавлено елаїдинову кислоту, коензим А і ферментативно гідролізований казеїн без вітамінів як джерело необхідних амінокислот [84].

Наступні автори [25] детально описали методики приготування компонентів і мікоплазменних середовищ:

А. Сироватки крові, екстракту дріжджів, аутолізу дріжджів, ферментативного гідролізату м'яса ВРХ, кислотного гідролізату фаршу шлунків свиней (пептону Мартена), кислотного аутолізу печі-

нки та розчинів цистеїну гідролізату, талію оцтовокислого, НАД та ДПН.

Б. ВІЕВ, УНДІЕВ, М. Хофстада і Л. Доерр, Д. Едварда, Турнера зі співавт., Д. Шіммеля, Р. Р. Чалквіста, Л. Хейфліка, Ф. Фріза та Ф. Ф. Фрея, Ерно і Л. Штіпковича, Р. Горлей і Р. Ліч, Р. Гудвіна і П. Уіттлстоуна, синтетичного середовища для *A. laidlawii*.

В. Середовищ для уреазплазм: У9Ц Шепарда і Лунцендорфа (1970), Робертсона, Ховарда, С. В. Лівінгстона, диференціального щільного середовища А 8. синтетичного середовища для *A. laidlawii* [18, 25].

Г. Середовище для анаероплазм Робінсона.

Д. Середовищ для спіроплазм: MIA, SP-4 [89], BSR [18].

Фірми BBL і Difco (США) готують для мікоплазменних середовищ сухі агарову і бульйонну основи, бульйонну основу для *M. synoviae* (Freu) та додатки (екстракт дріжджів і натуральна сироватка крові коня). Himedia Laboratories (Індія) реалізує в Україні три названі основи з тваринних та рослинних компонентів. Крім того, є також бульйонна основа для урогенітальних мікоплазм і добавка (5 % розчин сечовини) [66].

Середовища відомого складу готувати досить важко. В них треба мати певну кількість ліпідів у нетоксичній формі і не зв'язаних з протеїном. Більшість видів мікоплазм має потребу в жирних кислотах з довгим ланцюгом та в стеролі. Виключення складають ахолеплазми, термоплазми й деякі анаероплазми. Оскільки жирні кислоти з довгим ланцюгом навіть у низькій концентрації викликають лізис мікоплазм, то вони повинні бути в нетоксичній формі, а неестеризована жирна кислота – у зв'язаній з сироватковим альбуміном. Якщо потрібний чіткий контроль кількості жирних кислот у мембранах ліпідів, то бажано видаляти ендogenous жирні кислоти з комерційних препаратів сироваткових альбумінів. Склад жирних кислот в комерційних препаратах є дуже важливим. Так звані чисті препарати жирних кислот в альбуміні сироватки крові ВРХ можуть мати значну кількість жирних кислот і холестеролу. Кількість жирних кислот в альбуміні сироватки крові ВРХ зменшують шляхом обробки активованим вугіллям [52] чи слабо лужним метанолом [83].

Автор [5] випробував якість мікоплазменних середовищ, виготовлених за 56 прописами, у яких перемінною величиною був лише бульйон. Але в них була загальна схема пропису, наведена в таблиці.

Склад середовищ для мікоплазм, яке застосували для випробування різних видів бульйонів

Компоненти середовища	Кількість, мл
Бульйон	650,5
Сироватка крові коня	200,0
Екстракт дріжджів	40,0
Середовище Ігла або 199	40,0
5 % розчин гідролізату лактоальбуміну	50,0
0,2 % розчин ДНК, РНК або їх солей	10,0
5 % розчин талію оцтовокислого	5,0
0,5 % розчин фенолового червоного	2,0
Розчин пеніциліну (100000 Од/мл)	2,5

Джерело: [5].

Їх основу складали бульйон з перевару Хоттінгера; бульйон з пептону, виготовленого зі шлунків поросят (бульйон Мартена); розчин Хенкса, бульйон з легень поросят, бульйон з пептонів шлунків та легень поросят, бульйон з печінки ВРХ, бульйон з пептонів шлунків та печінки поросят, бульйон з триптичного гідролізату серцевого м'язу ВРХ і в поєднанні його з пептоном сухим ферментативним; ферментативний казеїно-дріжджовий аутолізат, виготовлений у Всесоюзному науково-дослідному і технологічному інституті біологічної промисловості й бульйон сухий мікоплазменний (БСМ), виготовлений там же за технологією В. П. Бердника (1986, 1991) [5]; пептон сухий ферментативний, виготовлений згідно з ДГСТ 13805–76 у ППБ Хабаровського науково-дослідного інституту експериментальної медицини; ферментативний гідролізат м'язових білків (ВІЕВ), гепатопептон (Щолковський біокомбінат), бактопептон (Чехословаччина), аутолізат дріжджів, обезводнені компоненти фірми Діфко – бактосерцево-мозковий настій та бакто ПППО бульйон. Найбільшу чутливість при виділенні мікоплазм з патологічного матеріалу і урожайність їх культур спостерігали при застосуванні середовищ, у яких основою був бульйон зі шлунків поросят 4–8-місячного віку або бульйон з триптичного гідролізату серцевого м'язу ВРХ. На середовищі з БСМ, який зберігали у скляному флаконі під гумовою

пробкою протягом 28 років, відмітили такий же рівень урожайності культур мікоплазм, як і на середовищі (контроль), у якому був бульйон, свіжоприготовлений із застосуванням пептону зі шлунків поросят і екстракту м'яса ВРХ.

З метою пошуку стимуляторів росту мікоплазм випробувано 57 видів солей хімічних елементів у різних концентраціях. Їх по одному вводили в поживні середовища, на які висівали одну зі свіжовирощених культур штамів 407 *M. arginini*; П 42, П 63 і Ч-2 *M. hyorhinis*; *M. hyopneumoniae* і 10116 *A. laidlawii*. Вони по-різному впливали на ріст штамів навіть одного виду. Тому було зроблено висновок, що мікоплазменні середовища треба удосконалювати не шляхом додавання компонентів, а поліпшенням якості води (бідистильована, знесолена) і чітким виконанням методик їх приготування, зокрема, бульйону та сироватки крові тварин. Зважаючи на це, автор [5] готував окремо середовища для культивування мікоплазм, які розкладають аргінін, глюкозу та сечовину.

Поживні середовища для мікоплазм продовжують удосконалювати до сьогоднішнього дня по мірі поглиблення наших знань про їхні біологічні властивості. В нашій країні це змушує робити і досить висока вартість компонентів для виготовлення поживних середовищ для мікоплазм фірм Difco, BBL, Nymedia тощо. Причому їх якість є на рівні компонентів і середовищ вітчизняного виготовлення. Це було підтверджено і в наших дослідженнях. За їх результатами розроблено два нові методи приготування рідкого поживного середовища [10, 11]. В обох з них основою є сухий ферментативний пептон виробництва «Синбіаз» та в першому був екстракт з сухих дріжджів «Саф – момент» з рН 7,7–7,9, а у другому – екстракт з пивних дріжджів з рН 7,7–7,9. Середовища випробували в порівняльному аспекті з середовищами, описаними в літературі [5, 59, 85] чи виготовленими з відомих компонентів [66], при мікоплазмологічному дослідженні проб легень, уражених серозно-катаральним запаленням, відібраних від 30 свиней з 3 неблагополучних щодо мікоплазмозу господарств. Культури мікоплазм виділили в середньому від 23 (76,7 %) поросят, або в межах від 62,5 до 83,3 % поросят. Чутливість культурального методу в інших авторів складала 87,9 % [5], 56,6 % [19], 50,8 % [29], 91,0 % [36], 50,0–70,0 % [37], 42,5–49,0 % [42] тощо. В асоціації з мікоплазмами найчастіше виділяли від свиней усіх трьох господарств культури *Staphylococcus aureus* (14 голів або 46,7 %), двох – *C. pyogenes* і *Streptococcus pyogenes* по 8 (по 26,7 %) голів і одного господарства – *Bordetella bronchiseptica* 4 (13,3 %) голови. Подібні результати одержали також і інші автори [5, 38]. Антигени з вирощених на наших середовищах культур епізоотичних і еталонних штамів мікоплазм та антисироватки до них, одержаних від кроликів і свиней, випробувані в реакції аглютинації, реакції тривалого зв'язування комплекменту в мікрооб'ємі та в пробі затримки росту. Активність і специфічність одержаних антигенів і антисироваток загалом були на такому ж рівні, як і в опублікованому джерелі [5] чи, навіть, кращими порівняно з одержаними на середовищі, виготовленому з компонентів Nymedia. Вартість 1 л середовища з вітчизняних компонентів є в 7–8 разів меншою, ніж із закордонних, при кращій якості. На стільки ж зменшаться і витрати на проведення мікоплазмологічних досліджень патологічного матеріалу та виготовлення мікоплазменних діагностиків і вакцин. Тому є економічна вигода готувати мікоплазменні середовища із застосуванням вітчизняних компонентів.

Висновки

Мета роботи полягала у проведенні огляду та здійсненні аналізу результатів, одержаних упродовж понад 120-річного періоду декількома поколіннями дослідників та авторами статті при розв'язанні однієї з основних проблем мікоплазмології – розробці й удосконаленні селективних мікоплазменних поживних середовищ. Аналіз літературних публікацій за понад столітній період становлення та розвитку мікоплазмології свідчить, що досягнуто певних успіхів у вивченні біологічних властивостей молюкутів, зокрема, морфології й хімічного складу мікроструктурних часток, біохімічних особливостей, патогенності та форм її прояву. На основі цих даних розроблені методи приготування компонентів і сотні прописів приготування поживних середовищ з них для культивування молюкутів. Ще ніхто не зміг виготовити одне універсальне середовище для всіх описаних їх видів, бо вони мають різні потреби щодо живлення та умов культивування. Певні середовища є придатними для культивування лише декількох видів мікоплазм. Не розроблені поживні середовища для культивування фітоплазм і гемоплазм та інших ще невідомих нам видів молюкутів, які, імовірно, населяють організми тварин і рослин.

Перспективи подальших досліджень полягають у подальшій розробці заходів щодо удосконалення засобів та методів культивування молюкутів.

References

1. Berdnik, V. P. (1973). Nekotorye biologicheskie svoystva mikoplazm svinej. *Candidate's thesis*. Vsesoyuznij institut eksperimentalnoj veterinarii, Moskva [In Russian].
2. *Tekhnicheskie usloviya TU 10–19–493–87 ot 01.10.1987. Nabor dlya diagnostiki mikoplazmoza svinej v reakcii agglutinacii (RA)*. Utverzhden 1987-08-14. (1987). GUV Gosagroproma SSSR. Moskva [In Russian].
3. *Tekhnicheskie usloviya TU 10–19–494–87 ot 01.10.1987. Nabor dlya diagnostiki mikoplazmoza svinej v reakcii dlitel'nogo svyazyvaniya komplekta v mikroobeme (RDSKM)*. Utverzhden 1987-08-14. (1987). GUV Gosagroproma SSSR. Moskva [In Russian].
4. Berdnik, V. P., Nastenkov, V. D., Dushuk, R. V., Androsik, N. N., Yartsev, M. Ya., Pautov, Yu. N., & Kolesnikov, A. Ya. (1987/1988). *Metodicheskie ukazaniya po diagnostike, profilaktike i meram borby s mikoplazmozom svinej*. Moskva [In Russian].
5. Berdnik, V. P. (1991). Mikoplazmoz svinej. *Doctor's thesis*. Vsesoyuznyj gosudarstvennyj nauchno-kontrolnyj institut veterinarnykh preparatov. Moskva [In Russian].
6. Berdnyk, V. P., Berdnyk, I. Iu., Bublyk, O. O., & Shcherbak, V. I. (2008). Istoriia stanovlennia ta perspektyvy rozvytku muzeiu shtamiv mikoplazm tvaryn i liudyny Poltavskoi ZNDVS. *Veterynarna Biotekhnolohiia*, 13 (1), 214–221 [In Ukrainian].
7. Berdnyk, V. P., Aranchii, S. V., Berdnyk, I. Iu., Bublyk, O. O., & Shcherbak, V. I. (2012). *Metodychni rekomendatsii iz diahnostryky, profilaktyky mikoplazmozu svynei ta zakhodiv borotby z nym*. Poltava [In Ukrainian].
8. Bolotin, V. I., Herilovych, A. P., & Stehni, B. T. (2008). Molekuliarno–biolohichni metody i zasoby v diahnostryti khvorob tvaryn ta kontrol yakosti veterynarnykh preparativ. *Veterynarna Biotekhnolohiia*, 13 (2), 300–308 [In Ukrainian].
9. Borhsenius, S. N., Chernova, O. A., Chernov, V. M., & Vonskij, M. S. (2002). *Mikoplazmy: molekulyarnaya i kletochnaya biologiya, vzaimodejstvie s imunnoi sistemoi mlekoopitayushih, patogennost, diagnostika*. Sankt-Peterburg: Nauka [In Russian].
10. Bublyk, O. O., Berdnyk, V. P., & Berdnyk, I. Iu. (2009). Patent Ukrainy № 54866. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
11. Bublyk, O. O., Berdnyk, V. P., & Berdnyk, I. Iu. (2009). Patent Ukrainy № 54867. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
12. Bublyk, O. O. (2011). Patent Ukrainy № 5718. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
13. Bublyk, O. O. (2011). Patent Ukrainy № 5719. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
14. Vertiev, Yu. V., & Ezechuk, Yu. V. (1969) Molochnaya sreda dlya kultivirovaniya *M. pneumoniae*. *Labornoe Delo*, 12, 743–746 [In Russian].
15. Hliebova, K. V., Obukhovska, O. V., & Zaremba, I. A. (2009). Vychennia kulturalnykh vlastyvostei pozhyvnykh seredovyshch dla nakopychennia bakterialnoi masy ptashynykh mikoplazm. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 129–132 [In Ukrainian].
16. Golovko, A. N. (Ed.). (2007). *Mikrobiologicheskie i virusologicheskie metody issledovaniy v veterinarnoi medicine: spravochnoe posobie*. Kiev. NTMT [In Russian].
17. Hontar, A. M. (1997). Rozrobka ekspres–metodu indykatsii mykoplazm velykoi rohatoi khudoby. *Extended abstract of candidate's*. Instytut eksperymentalnoi i klinichnoi veterynarnoi medytsyny UAAN, Kharkiv [In Ukrainian].
18. Grosheva, G. A., & Shtipkovich, L. (1987). Laboratornaya diagnostika. Izolyaciya mikoplazm, aholeplazm, ureaplazm, spiroplazm. V G. F. Koromyslov, Ya. Mesarosh, L. Shtipkovich (Reds.), *Mikoplazmy v patologii zhivotnykh* (s. 169–184). Moskva: VO «Agropromizdat» [In Russian].
19. Zhonholovych, A. E. (2008). Etyoepyzootolohycheskye osobennosti mykoplazmoza svynei y usovershenstvovanye metodov eho dyahnostryky y lecheniya. *Candidate's thesis*. Institut veterinarnoi medicyny Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego profesional'nogo «Omskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet», Omsk [In Russian].
20. Kalashnyk, N. V. (1996). Udoshkalennia skladu zhyvylnoho seredovyshcha dla kulytvuvannia mikoplazm. *Extended abstract of candidate's*. Instytut eksperymentalnoi i klinichnoi veterynarnoi medytsyny UAAN, Kharkiv [In Ukrainian].
21. Kipyrych, V. V., Obukhovska, O. V., Stehni, B. T., Hliebova, K. V., & Buzun, I. A. (2006). Patent

Ukrainy № 18521. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].

22. Klineberger, N. E. (1966). *Plevropnevmoniepodobnye organizmy (PPPO)*. (A. P. Strelnikov, Trans.). Moskva: Kolos [In Russian].

23. Kovalenko, Ya. R. (1976). *Mikoplazmozy zhyvotnyh*. Moskva: Kolos [In Russian].

24. Kovalenko, Ya. R., Shegidevich, Ye. A., Yablonskaya, I. A., Grosheva, G. A., Mahi, E. T., Frolov, V. S., Pisarenko, N. I., Kazimova, N. A., Shtipkovich, L., Nad, G., Kartashova, V. M., Ignatev, S. V., Vinohodov, O. V., Gaffarov, H. Z., Kurbanov, I. A., Mitrofanov, P. M., Dushuk, R. V., Berdnik, V. P., & Pustovar, A. Ya. (1982). *Metodicheskie rekomendacii po vydeleniyu, kultivirovaniyu i identifikacii mikoplazm, aholeplazm i ureaplazm*. Moskva [In Russian].

25. Koromyslov, G. F., Mesarosh, Ya., Shtipkovich, L., Grosheva, G. A., Dyakonov, L. P., Nad, G., Shegidevich, Ye. A., & Yablonskaya, I. A. (1987). *Mikoplazmozy v patologii zhyvotnyh*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].

26. Kurnosov, A. N., Shevchenko, L. V., & Yurkov, S. G. (1986). Detoksikaciya syvorotki krovi svinej, ispolzuemoj pri kultivirovanii kletok. *Veterinariya*, 1, 24–26 [In Russian].

27. Menshikov, L. F., & Bajzhomartov, M. S. (1977). Pitatel'naya sreda dlya kultirovaniya Mycoplasma pneumonia. C. c. 560909 USSR, MPK C12K 1/06. *Byul.* 21 [In Russian].

28. Mistejko, M. M. (2005). Kultivirovanie Mycoplasma hyopneumoniae na razvivayushihsy kurinyh embrionah. *Vesci Nacyyanal'naj Akademii Navuk Belarusi*, 5, 177 – 179 [In Russian].

29. Pautov, Yu. N. (1989). Etiologicheskoe znachenie mikoplazm i stafilokokkov pri enzooticheskoy pnevmonii svinej. *Doctor's thesis*. Institut eksperimentalnoj veterinarii Sibiri i Dalnego Vostoka OO VASHNIL. Novosibirsk [In Russian].

30. Pritulin, P. I., Pilipenko, A. A., & Dushuk, R. V. (1967). Izuchenie roli mikoplazm v etiologii virusnoj (enzooticheskoy) pnevmonii svinej. *Byulleten VIEV*, 3, 13–16 [In Russian].

31. Pritulin, P. I., & Berdnik, V. P. (1972). Rol mikoplazm v patologii svinej. *Byulleten VIEV*, 13, 37–46 [In Russian].

32. Prozorovskij, S. V., Pokrovskij, V. I., & Vasileva, V. I. (1978). *Mikoplazma pnevmonii infekciya*. Moskva: Medicina [In Russian].

33. Prozorovskij, S. V., Rakovskaya, I. V., & Vulfovich, Yu. V. (1995). *Medicinskaya mikoplazmologiya*. Moskva: Medicina [In Russian].

34. Prokofeva, M. T., Kiprych, V. V., & Bobryshev, V. I. (1972). Albumin syrovatky yak zaminnyk syrovatky krovi teplokrovnykh tvaryn u zhyvylynykh seredovyshchakh pry kultyvuvanni *Mycoplasma gallisepticum*. *Veterynariia: Respublikanskyi mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*, 33, 39–42 [In Ukrainian].

35. Rakovskaya, I. V. (1999). *Mikoplazmy i mikoplazmozy cheloveka: rukovodstvo dlya vrachej*. Moskva: Medicina [In Russian].

36. Savostyanova, N. Yu. (2006). Mnogokomponentnaya terapiya vospalitelnyh zabolevanij organov malogo taza, svyazannyh s ureaplazmennoj infekciej. *Extended abstract of candidate's*. GOU VPO Moskovskij gosudarstvennyj mediko-stomatologicheskij universitet, Moskva [In Russian].

37. Sviridova, A. N. (2007). Diagnostika i lechenie telyat pri mikoplazmoz-associirovannoj infekcii. *Candidate's thesis*. Institut veterinarnoj medicyny Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshogo profesional'nogo «Omskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet», Omsk [In Russian].

38. Symonenko, H. O. (2007). Koniunktyvalno-synovialnyi syndrom mikoplazmennoho pokhodzhennia u molodniaka velykoi rohatoi khudoby. *Extended abstract of candidate's*. Natsionalnyi ahrarnyi universytet, Kyiv [In Ukrainian].

39. Skripal, I. G., & Malikovskaya, L. P. (1984). Sreda SMIMV72 dlya kultivirovaniya fitopatogennyh mikoplazm. *Mikrobiologicheskij Zhurnal*, 46 (2), 71–75 [In Russian].

40. Skrypal, I. H. (2005). Molikuty yak zbudnyky zakhvoriuvan tvaryn, komakh i roslyn. *Ahroekologichnyi Zhurnal*, 1, 7–15 [In Ukrainian].

41. Stehnyi, B. T., Kiprych, V. V., Obukhovska, O. V., Hliebova, K. V., & Buzun, I. A. (2008). *Metodychni rekomendatsii: diahnozyka mikoplazmoziv ptytsi*. Kharkiv [In Ukrainian].

42. Suncova, O. A. (2004). Uovershenstvovanie laboratornoj diagnostiki asociativnogo respiratornogo mikoplazmoza ptic. *Candidate's thesis*. Institut veterinarnoj medicyny Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshogo profesional'nogo «Omskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet», Omsk [In Russian].

43. Timakov, V. D., & Kagan, G. Ya. (1973). *L-formy bakterij i semejstvo Mycoplasmataceae v patologii*. Moskva: Medicina [In Russian].
44. Ushkalov, V. O., Andrushchenko, V. V., & Tyndyk, V. S. (2009). Patent Ukrainy № 41971. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
45. Shegidevich, E. A. (1976). Pitatelnye sredy, metody vydeleniya i identifikacii mikoplazm. V Ya. R. Kovalenko (Red.) *Mikoplazmozy zhivotnyh* (s. 68–83). Moskva: Kolos [In Russian].
46. Baccaro, M. R., Moreno, A. M., Barbarini, O., Umehara, O., Gonçalves, L. C. B., & Hawkins, P. A. (2002). Field evaluation of the efficacy of the vaccine Respire in the control of enzootic pneumoniae in swine. *Arquivos do Instituto Biológico*, 69 (1), 19–22.
47. Baernstein, H. D., & Quilligan, J. J. (1963). Cultivation of *Mycoplasma pneumoniae* (Eaton agent). *Journal of Bacteriology*, 86 (2), 339–339. doi: 10.1128/jb.86.2.339-339.1963.
48. Betts, A. O., & Beveridge, W. I. B. (1952). Investigations on a virus pneumonia of long duration prevalent in pigs. *Journal of Pathology and Bacteriology*, 64, 247.
49. Beveridge, W. I. B. (1958). Viruspneumonie der Schweine. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 100 (10), 525–532.
50. Bomelli, W. R., & Nicolet, J. A. (1983). A method for the evaluation of the enzymelinked immunoassay results for diagnostic pneumoniae in pig herds. *Proceedings of the 23rd international Symposium of the World Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians*.
51. Chanock, R. M., Hayflick, L., & Barile, M. F. (1962). Growth on artificial medium of an agent associated with atypical pneumonia and its identification as a PPLO. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 48(1), 41–49. doi:10.1073/pnas.48.1.41.
52. Chen, R. F. (1967). Removal of fatty acids from serum albumin by charcoal treatment. *Journal of Biological Chemistry*, 242, 173–181.
53. Kreih Venter. *Vikipediia*. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/Крейґ_Вентер [In Ukrainian].
54. Edward, D. G. F. (1947). A selective medium for pleuropneumonia-like organisms. *Microbiology*, 1 (2), 238–243. doi: 10.1099/00221287-1-2-238.
55. Edward, D. G., & Fitzgerald, W. A. (1952). A growth factor needed to isolate organisms of the pleuropneumonia group from the genital tract of cattle. *Veterinary Record*, 64, 395.
56. Freundt, E. A. (2009). The occurrence of micromycetes (pleuropneumonia-like organisms) in the female genito-urinary tract. *Acta Pathologica Microbiologica Scandinavica*, 32 (4), 468–480. doi: 10.1111/j.1699-0463.1953.tb00275.x.
57. Freundt, E. A. (1983). Culture media for classic mycoplasmas. *Methods in mycoplasmaology*, 127–135. doi: 10.1016/b978-0-12-583801-6.50029-9.
58. Friis, N. F. (1971). Mycoplasmas cultivated from the respiratory tract of Danish pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 12, 69–79.
59. Friis, N. F. (1975). Some recommendations concerning primary isolation of *Mycoplasma suis pneumoniae* and *Mycoplasma flocculare* a survey. *Nordisk Veterinærmedicin*, 27 (6), 337–339.
60. Friis, N. F., Ahrens, P., & Larsen, H. (1991). *Mycoplasma hyosynoviae* isolation from the upper respiratory tract and tonsils of pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 32 (4), 425–429.
61. Gardella, R. S., & Del Giudice, R. A. (1995). Growth of *Mycoplasma hyorhinitis* cultivar alpha on semisynthetic medium. *Applied and Environmental Microbiology*, 61 (5), 1976–1979. doi: 10.1128/aem.61.5.1976-1979.1995.
62. Goodwin, R., & Pryor, J. (1970). Direct isolation of mycoplasma suis pneumoniae on solid medium from pneumonic lesions in pigs. *Veterinary Record*, 87 (23), 726–727. doi: 10.1136/vr.87.23.726.
63. Goodwin, R. F., Pomeroy, A. P., & Whittlestone, P. (1965). Production of enzootic pneumonia in pigs with a mycoplasma. *Veterinary Record*, 77, 1247–1249.
64. Hayflick, L. (1965). Tissue cultures and mycoplasmas. *Texas Reports on Biology and Medicine*, 23 (1), 285–303.
65. Herderschee, D. (1963). An improved medium for the cultivation of the Eaton Agent. *Antonie van Leeuwenhoek*, 29 (1), 154–156. doi: 10.1007/bf02046046.
66. *HiMedia. Culture Media Catalogue. HiMedia Laboratories*, (2007). 08,1, 374.
67. Jensen, J. S., Hansen, H. T., & Lind, K. (1996). Isolation of *Mycoplasma genitalium* strains from the male urethra. *Journal of Clinical Microbiology*, 34 (2), 286–291. doi: 10.1128/jcm.34.2.286-291.1996.
68. Konai, M., Hackett, K. J., Williamson, D. L., Lipa, J. J., Pollack, J. D., Gasparich, G. E., Clark, E. A., Vacek, D. C., & Whitcomb, R. F. (1996). Improved cultivation systems for isolation of the colorado potato

- beetle spiroplasma. *Applied and Environmental Microbiology*, 62 (9), 3453–3458. doi: 10.1128/aem.62.9.3453-3458.1996.
69. Laidlaw, P. P., & Elford W. J. (1936). A new group of filtrable organisms. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*, 120, 292–303.
70. Lemcke, R. M. (1965). Media for the Mycoplasmataceae. *Laboratory practice*, 14 (6), 712–715.
71. Messick, J. B. (2004). Hemotrophic mycoplasmas (hemoplasmas): a review and new insights into pathogenic potential. *Veterinary Clinical Pathology*, 33 (1), 2–13. doi: 10.1111/j.1939-165x.2004.tb00342.x.
72. Moore, R. W., Redmond, H. E., & Livingston, C. W. Jr. (1966). Mycoplasma as the etiology of a metritis – mastitis syndrome in sows. *Veterinary medicine, small animal clinician*, 61 (9) 883–887.
73. Morton, Y. E., Smith, P. F., & Leberman, P. E. (1951). Investigation of the cultivation of pleuropneumonia-like organisms from man. *American Journal of Syphilis, Gonorrhea, and Venereal Diseases*, 35, 361–369.
74. Nocard, E., Roux, E. R., Borrel, A., Salimbeni, A. T., & Dujardin-Beaumetz, L. (1898). Le microbe de la peripneumoniae. *Annales de l'Institut Pasteur*, 12 (1), 240–262.
75. Pfutzner, H., & Schimmel, D. (1979). Untersuchungen zur Mykoplasmenmastitis des Rindes.4. Serologische Einordnung isolierter Mykoplasma-stämme aus 3 Beständen. *Archives of experimental veterinary medicine*, 33 (3), 439–444.
76. Razin, S., & Cohen, A. (1963). Nutritional Requirements and Metabolism of Mycoplasma laidlawii. *Journal of General Microbiology*, 30 (1), 141–154. doi: 10.1099/00221287-30-1-141.
77. Razin, S., & Rottem, S. (1976). Techniques for the manipulation of Mycoplasma membranes. In A. H. Maddy (Ed.). *Biochemical Analysis Membranes* (pp. 3–26). London: Chapman & Hall.
78. Razin, S. (1978). The mycoplasmas. *Microbiological Reviews*, 42 (2), 414–470. doi: 10.1128/mmbr.42.2.414-470.1978.
79. Razin, S., & Tully, J. G. (Ed.). (1983). *Methods in Mycoplasmaology: Vol. 1–2*. Academic Press: N.Y., London et al.
80. Razin, S., & Tully, J. G. (1995). *Molecular and Diagnostic Procedures in Mycoplasmaology*. doi: 10.1016/b978-0-12-583805-4.x5000-6.
81. Razin, S., Yogev, D., & Naot, Y. (1998). Molecular Biology and Pathogenicity of Mycoplasmas. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62(4), 1094–1156. doi: 10.1128/mmbr.62.4.1094-1156.1998.
82. Rodwell, A. W. (1969). A defined medium for Mycoplasma strain Y. *Journal of General Microbiology*, 58 (1), 39–47. doi: 10.1099/00221287-58-1-39.
83. Rodwell, A. W., & Peterson, J. E. (1971). The effect of straight-chain saturated, monoenoic and branched-chain fatty acids on growth and fatty acid composition of Mycoplasma strain Y. *Journal of General Microbiology*, 68 (2), 173–186. doi: 10.1099/00221287-68-2-173.
84. Rodwell, A. W. (1983). Defined and partly defined media. *Methods in Mycoplasmaology*, 163–172. doi: 10.1016/b978-0-12-583801-6.50033-0.
85. Rose, D. L., Tully, J. G., & Wittler, R. G. (1979). Taxonomy of some swine mycoplasmas: *Mycoplasma suis pneumoniae* Goodwin et al. 1965, a later, objective synonym of *Mycoplasma hyopneumoniae* Mare and Switzer 1965, and the status of *Mycoplasma flocculare* Meyling and Friis 1972. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 29 (2), 83–91. doi: 10.1099/00207713-29-2-83.
86. Schoetesack, H. M. (1934). Pure cultivation of the filterable virus isolated from canine distemper. *Kitasato archives of experimental medicine*, 11, 277.
87. Switzer, W. P. (1972). Mycoplasmal pneumonia of Swine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 160 (4), 651–653.
88. Tang, F. F., Wei, H., McWhiter, D. L., & Edgar, J. (1935). An investigation of the causal agent of bovine pleuropneumonia. *The Journal of Pathology and Bacteriology*, 40 (2), 391–406. doi: 10.1002/path.1700400220.
89. Tully, J. G., Rose, D. L., Whitcomb, R. F., & Wenzel, R. P. (1979). Enhanced isolation of *Mycoplasma pneumoniae* from throat washings with a newly modified culture medium. *Journal of Infectious Diseases*, 139 (4), 478–482. doi: 10.1093/infdis/139.4.478.
90. Tully, J. G. (1983). General cultivation techniques for Mycoplasmas and Spiroplasmas. *Methods in Mycoplasmaology*, 99–101. doi: 10.1016/b978-0-12-583801-6.50024-x.

91. Turner, A. W. (1935). A study of the morphology and life cycles of the organism of pleuropneumonia contagiosa boum (*Borrelomyces peripneumoniae* nov. gen.) by observation in the living state under dark-ground illumination. *The Journal of Pathology and Bacteriology*, 41 (1), 1–32. doi: 10.1002/path.1700410102.

92. Windsor, D., & Windsor, H. (1998). Quality-Control Testing of Mycoplasma Medium. *Mycoplasma Protocols*, 61–67. doi: 10.1385/0-89603-525-5:61.

Стаття надійшла до редакції: 21.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування

Бердник В. П., Бердник І. Ю., Ушкалов В. О. Історія пошуку методів приготування селективних поживних середовищ для культивування мікоплазм. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 202–215.

© Бердник Василь Петрович, Бердник Ірина Юріївна, Ушкалов Валерій Олександрович, 2020



original article | UDC 619:616-053.2+619:576.895.19 |
doi: 10.31210/visnyk2020.01.26

ЕПИЗООТИЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО ГЕЛЬМІНТОЗІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ В ГОСПОДАРСТВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

L. V. Nagorna

ORCID  [0000-0001-8307-183X](https://orcid.org/0000-0001-8307-183X)

Sumy National Agrarian University, 160, G. Konrdatieva Str., Sumy, 40021, Ukraine
E-mail: lvn_10@ukr.net

Helminthiasis was and is still an unresolved problem on livestock farms of different production capacities. Cattle, regardless of the natural-climatic characteristics of farm location, are affected differently by different types of helminths. The way of handling, the number of anthelmintic treatments, and the stock density influence the species characteristic of helminthiasis. In case of association helminthiasis development, the economic losses because of infestation increase. Accordingly, the knowledge of their nosological profile is the first step in developing effective helminth diseases' prevention schemes. The purpose of our work was to find out the spreading of cattle helminthiasis on farms of different production capacities in Sumy region. To achieve this goal, the analysis of the statistical reporting of Sumy Regional State Laboratory of the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection during the period from 2014 to 2019 on the dynamics of sample receiving for coprological examination and identification of positive ones was conducted. According to the results of the conducted researches, the dynamics of cattle infestation caused by helminths on the farms in Sumy region was established. It was determined that fasciolosis, dictyocaulosis and strongyloidosis dominated in the nosological profile of diseases. During the period of 2017–2019, no cestode infestation of cattle was identified. On the whole, positive dynamics of improving epizootic situation regarding cattle infestation by trematodes and nematodes was noted. Among the nematodes, during 2014–2019 the causal agents of the following helminth diseases were identified: trichostrongylidosis, neoascariosis, dictyocaulosis, bunostomosis, esophagostomosis, and strongyloidosis. The nosological profile of trematodosis was represented by the causative agents of the following diseases: fasciolosis, dicroceliosis, and paramphistomatidosis. There was a consistent tendency to reducing the infestation of animals with fasciolae. Among the examined livestock, the tendency was registered as to reducing the infestation with different types of helminths, which is partly related to decreasing the number of livestock on farms and implementing effective schemes of helminthiasis prevention.

Keywords: nematodosis, trematodosis, cattle, spreading, epizootic situation.

ЕПИЗООТИЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО ГЕЛЬМІНТОЗІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ В ГОСПОДАРСТВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Л. В. Нагорна,

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Гельмінтози були й залишаються нерозв'язаною проблемою скотарських господарств різних виробничих потужностей. Велика рогата худоба незалежно від природно-кліматичних характеристик розташування господарств різною мірою уражена багатьма видами гельмінтів. Спосіб утримання, кратність антигельмінтних обробок, щільність поголів'я впливають на видову характеристику гельмінтозів. За умов асоційованого перебігу гельмінтозів економічні втрати від інвазування зроста-

ють. Відповідно, знання їх нозологічного профілю є першим етапом для розробки ефективних схем профілактики гельмінтозів. Метою нашої роботи було з'ясувати поширення гельмінтозів великої рогатої худоби в господарствах різних виробничих потужностей Сумської області. Для досягнення мети було проведено аналіз статистичної звітності Сумської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів за 2014–2019 рр. щодо динаміки надходження проб для копрологічного дослідження та виявлення серед них позитивних. За результатами проведених досліджень встановлено динаміку інвазованості великої рогатої худоби господарств Сумської області збудниками гельмінтозів. Визначено, що в нозологічному профілі захворювань переважали фасціольоз, диктіокаульоз та стронгілоїдоз. За період 2017–2019 рр. не було визначено інвазування худоби цестодами. Загалом відмічена позитивна динаміка покращення епізоотичної ситуації щодо інвазування великої рогатої худоби представниками трематод та нематод. Серед нематодів упродовж 2014–2019 рр. ідентифікували збудників: трихостронгілозів, неоаскарозу, диктіокаульозу, буностомозу, езофагостомозу, стронгілоїдозу. Нозологічний профіль трематодоз представлений збудниками таких захворювань: фасціольоз, дикроцеліоз, парамфістоматидози. Прослідковується стійка тенденція до зниження інвазування тварин фасціолами. Серед обстеженого поголів'я відмічено тенденцію щодо зниження інвазування різними видами гельмінтів, що частково пов'язано з кількісним зниженням поголів'я в господарствах та застосуванням ефективних схем профілактики гельмінтозів.

Ключові слова: нематодози, трематодози, велика рогата худоба, поширення, епізоотична ситуація.

ЭПИЗОТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ГЕЛЬМИНТОЗОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ХОЗЯЙСТВАХ СУМСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Нагорная,

Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина

Представлены результаты изучения эпизоотической ситуации относительно гельминтозов среди поголовья крупного рогатого скота, выращиваемого в хозяйствах различных производственных мощностей Сумской области. В результате анализа статистической отчетности Сумской региональной государственной лаборатории установлено, что в данном регионе актуальным является инвазирование крупного рогатого скота различными видами нематод и трематод. Инвазирование скота цестодами не выявляли. Четко прослеживается тенденция относительно уменьшения количества хозяйств, неблагополучных относительно фасциолеза. Среди обследованного поголовья наблюдаем тенденцию относительного снижения инвазирования различными видами гельминтов. Частично причиной улучшения ситуация является общее количественное снижение поголовья крупного рогатого скота различных возрастных групп во всех категориях животноводческих хозяйств.

Ключевые слова: нематодозы, трематодозы, крупный рогатый скот, распространение, эпизоотическая ситуация.

Вступ

Продовольча безпека була й залишається важливим питанням для кожної держави. Насамперед, її сталість залежить від здатності вітчизняного виробника наповнити внутрішній ринок сировиною тваринного та рослинного походження. Незаперечним фактором забезпечення населення повноцінними продуктами харчування є ефективний розвиток галузі тваринництва, зокрема скотарства [1, 2]. Однак тенденції зниження поголів'я тварин у господарствах усіх форм власності впродовж останніх років, викликають занепокоєння. Поголів'я великої рогатої худоби на 1 січня 2020 р. становило близько 3,14 млн голів, що на 5,7 % менше, ніж на аналогічну дату минулого року. Експерти відзначають, що кількісні показники поголів'я худоби є найнижчими за всю сучасну історію України [3].

Відповідно, в цій ситуації стійке епізоотичне благополуччя поголів'я, підтримання його добробуту – найважливіші завдання товаровиробників [2].

Гельмінтози були й залишаються нерозв'язаною проблемою скотарських господарств різних виробничих потужностей як в Україні, так і за кордоном. За даними вітчизняних дослідників, велика рогата худоба незалежно від природно-кліматичних характеристик розташування господарств різною

мірою уражена різними видами гельмінтів. Спосіб утримання, кратність антигельмінтних обробок, щільність поголів'я, впливають на видову характеристику гельмінтозів [4–8].

Надзвичайно небезпечним є інвазування молодняка. Затримання росту та розвитку, розлади роботи шлунково-кишкового тракту, імуносупресія – це лише окремі наслідки, які проявляються в інвазованих гельмінтами тварин. Оскільки зазначені фактори знижують резистентність організму, наслідком цього є відкриття так званих «воріт інфекції». У разі високої інтенсивності інвазії гельмінтами непоодинокі випадки загибелі, особливо молодняка, у тільних тварин – можливі аборти. У разі застосування пасовищної системи утримання забезпечити поголів'я від різного роду інвазійних агентів неможливо. На жаль, боротьбі з гельмінтозами не завжди приділяють належну увагу і, насамперед, через те, що такі захворювання часто перебігають безсимптомно [9–12].

Для оцінки ризику інвазування гельмінтами застосовують систему, в якій беруть до уваги стан господарства та пасовищ, інтенсивність та щільність утримання поголів'я. Застосовуючи в господарстві ту чи ту систему утримання тварин, дослідники звертають увагу на необхідність профілактики певних гельмінтозів. Важливо забезпечити стадо від фасціольозу, дикроцеліозу, парамфістомозу. Ураження тварин вказаними трематодами спричиняє різноманітні за тяжкістю патологічні стани, зокрема запалення печінки, жовчного міхура та жовчних проток, тонкого кишечника, наслідком чого є порушення процесів травлення та обміну речовин, загальна інтоксикація організму. Економічні збитки у разі інвазування поголів'я трематодами полягають у втраті молочної продуктивності в середньому на 30 %, зниженні вмісту в молоці жиру та білка, погіршенні органолептичних та якісних характеристик [13–16].

Не меншу небезпеку становить виділення від поголів'я *Dictyocaulus viviparus*. Інвазування тварин диктіокаулюсами спричиняє появи бронхопневмоній, а в разі ускладнення останніх секундарною інфекцією – гнійно-катаральних пневмоній на тлі прогресуючого виснаження [9, 10, 17, 18].

Не варто нехтувати небезпеками від інвазування тварин кишковими нематодами, зокрема стронгілятами, трихурісами, трихостронгілюсами. Кишкові нематодози спричиняють до часткової втрати в інвазованих тварин молочної та м'ясної продуктивності (середньодобові надої знижуються на 1,5–2 л, а прирости – на 250–300 грам). Небезпеки від ураження великої рогатої худоби гельмінтозами зростають у разі асоційованого перебігу останніх [19–22]. Відповідно, знання їх нозологічного профілю є першим етапом розробки ефективних схем профілактики гельмінтозів.

Метою нашої роботи було з'ясувати поширення гельмінтозів великої рогатої худоби в господарствах різних виробничих потужностей Сумської області. Для досягнення мети було проведено аналіз статистичної звітності Сумської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів за 2014–2019 рр. щодо динаміки надходження проб для копрологічного дослідження та, відповідно, виявлення серед них позитивних.

Матеріали і методи досліджень

Динаміку інвазованості великої рогатої худоби визначали на підставі аналізу даних статистичної звітності Сумської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів за 2014–2019 рр. Для цього брали до уваги кількість матеріалів, які надійшли для копрологічних досліджень згідно з позитивними результатами. До отриманих даних не залучали результати копрологічних досліджень, які в зазначений часовий проміжок проводилися в умовах лабораторії кафедри епізоотології та паразитології Сумського національного аграрного університету.

Результати досліджень та їх обговорення

Згідно з аналізом даних статистичної звітності було встановлено динаміку інвазованості великої рогатої худоби господарств Сумської області збудниками гельмінтозів. Визначено, що в нозологічному профілі захворювань переважали фасціольоз, диктіокаульоз та стронгілоїдоз (рис. 1).

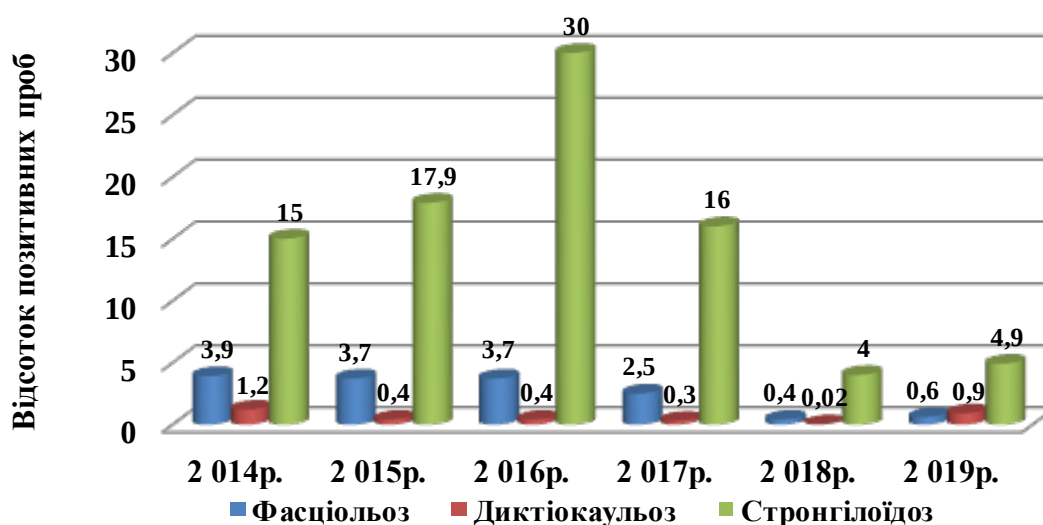


Рис. 1. Динаміка інвазованості великої рогатої худоби окремими видами гельмінтів у господарствах Сумської області

Джерело: дані статистичної звітності Сумської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів.

Як свідчать представлені на рисунку дані, на достатньо високому рівні впродовж аналізованого періоду підтримується інвазування стронгілідами. Проте впродовж 2018–2019 рр. відмічено різкий спад зареєстрованих випадків стронгілоїдозу. Також спостерігається стійка тенденція до зниження інвазування тварин фасціолами, що пов'язано, на нашу думку, з ширшим запровадженням у господарствах годівлі тварин упродовж року консервованими кормами, відмовою від пасовищного утримання та поступовою зміною кліматичних характеристик регіону, а також зростанням тривалості посушливих періодів у році, відсутністю значної кількості опадів, що перешкоджає розвитку проміжного хазяїна. Пасовищне утримання є актуальним для присадибних господарств населення та дрібнотварних фермерських господарств, основна частка підтверджених копрологічними дослідженнями випадків фасціольозу припадала на поголів'я із зазначених господарств. Крім того, тенденція до зниження кількості інвазованих тварин також обумовлена й кількісним зменшенням поголів'я худоби в господарствах різних виробничих потужностей, зокрема й у Сумській області. І, звичайно, не варто нехтувати фактором ефективного проведення антигельмінтних обробок вирощуваного поголів'я.

Упродовж 2017–2019 рр., згідно з результатами проведених копроовоскопічних досліджень не виявлено ураження великої рогатої худоби цестодами, проте актуальними були нематодози та трематодози. Серед нематодоз упродовж 2014–2019 рр. ідентифікували збудників: трихостронгілоїдозів, неоаскарозу, диктіокаульозу, буностомозу, езофагостомозу, стронгілоїдозу. Нозологічний профіль трематодоз представлений збудниками таких захворювань: фасціольоз, дикроцеліоз, парамфістоматидози.

На підставі аналізу даних статистичної звітності варто вказати на актуальність гельмінтозів різного нозологічного профілю у скотарських господарствах Сумської області різних виробничих потужностей. Наразі пріоритетним напрямом розвитку молочного скотарства Сумщини є розвиток товарного виробництва шляхом подальшого створення модернізованих тваринницьких комплексів з використанням інтенсивних технологій виробництва. Проте, навіть в умовах промислових господарств, де майже усунутий ризик інвазування тварин трематодами, завдяки відсутності пасовищного утримання та годівлі консервованими кормами, нематодози не втрачають актуальності. Основними передумовами до зниження ризиків виникнення інвазійних захворювань є: підтримання параметрів мікроклімату у тваринницьких приміщеннях відповідно до вікової групи утримуваних тварин; своєчасне та систематичне гноєвидалення за умови повноцінного забезпечення поголів'я достатньою кількістю підстилки; постійний контроль якості згодовуваного корму та питної води; як мінімум двічі на рік проведення дезінфекції (дезінвазії) стійл та вигульних майданчиків; у разі використання в господарстві пасовищного утримання – систематична зміна пасовищ, роздільне випасання молодняка та дорослого

поголів'я; незалежно від застосовуваної в господарстві системи утримання – систематична дегельмінтизація.

Висновки

Гельмінтози є нерозв'язаною проблемою для скотарських господарств Сумської області. Актуальними гельмінтозами великої рогатої худоби наразі є фасціольоз, диктіокаульоз та стронгілоїдоз. Ці захворювання переважали в нозологічному профілі гельмінтозів упродовж останніх шести років.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях планується вивчити епізоотичну ситуацію щодо гельмінтозів великої рогатої худоби в господарствах різних виробничих потужностей північно-східної частини України та встановити ефективність сучасних антигельмінтних препаратів, які широко застосовуються у скотарських господарствах у комплексі лікувальних заходів за наявності гельмінтозів у великої рогатої худоби.

References

1. Herrero, M., & Thornton, P. K. (2013). Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (52), 20878–20881. doi: 10.1073/pnas.1321844111.
2. Fitzpatrick, J. L. (2013). Global food security: The impact of veterinary parasites and parasitologists. *Veterinary Parasitology*, 195 (3–4), 233–248. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.04.005.
3. V Ukraini skorochuietsia poholivia bilshosti vydiv silhosptvaryn. *Ukrinform*. Retrived from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2857755-v-ukraini-skorocuetsa-pogoliva-bilsosti-vidiv-silgosptvarin.html> [In Ukrainian].
4. Mazannyi, O. V. (2006). Fastsiolozno-paramfistomatozna invaziia velykoi rohatoї khudoby (osoblyvosti epizootolohii, diahnostryka ta zakhody borotby). *Extended abstract of doctor's thesis*. Natsionalnyi ahrarnyi universytet, Kyiv [In Ukrainian].
5. Subbotin, A. M., & Gorovenko, M. V. (2014). Jepizootologicheskaja situacija po parazitozam krupnogo rohatogo skota v severnoj zone respubliki Belarus'. *Uchenye Zapiski uchrezhdenija obrazovanija «Vitebskaja ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaja akademija veterinarnoj medicyny»*, 50 (2 (1)), 113–116 [In Russian].
6. Novak, M. D. (2010). Smeshannye invazii krupnogo rohatogo skota v central'nom rajone Rossijskoj Federacii (jepizootologija, diagnostika). *Rossijskij Parazitologicheskij Zhurnal*, 2, 60–64 [In Russian].
7. Dumitru, E. (2010). Functionarea poliparazitozelor la bovine in republica Moldova (epidemiologie, diagnostic, modificari morfofiziologice, prejudiciu economic, profilaxiesi tratament). *Extended abstract of doctor's thesis*. Chishinau.
8. Van Dijk, J., Sargison, N. D., Kenyon, F., & Skuce, P. J. (2009). Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal*, 4 (03), 377–392. doi: 10.1017/s1751731109990991.
9. Sures, B. (2004). Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology*, 20 (4), 170–177. doi: 10.1016/j.pt.2004.01.014.
10. Zajac, A. M., & Conboy, G. A. (2012). *Veterinary clinical parasitology*. 8th ed. Wiley-Blackwell.
11. Charlier, J., De Waele, V., Ducheyne, E., van der Voort, M., Vande Velde, F., & Claerebout, E. (2015). Decision making on helminths in cattle: diagnostics, economics and human behaviour. *Irish Veterinary Journal*, 69 (1). doi: 10.1186/s13620-016-0073-6.
12. Forbes, A. (2012). Parasite myth busting. *Cattle Practice*, 20, 128–136.
13. Kiflejohannes, T., Kebede, E., Hagos, Y., Weldu, K., & Michael, M. G. (2015). Prevalence of Paramphistomosis in Ruminants in Ashenge, Tigray Ethiopia. *Acta Parasitologica Globalis*, 6, 83–86. doi: 10.5829/idosi.apg.2015.6.2.9314.
14. Mohamadzadeh, T., Shams, S., Khanaliha, K., Marhamatizadeh, M. H., & Vafa, A. A. (2016). Study on prevalence of some helminthic infections of the liver and lungs among ruminants in abattoir of Fars province. *Iran. Archives of Razi Institute*, 71 (4), 245–251. doi: 10.22034/ari.2016.107509.
15. Vande Velde, F., Charlier, J., & Claerebout, E. (2018). Farmer behavior and gastrointestinal nematodes in ruminant livestock—uptake of sustainable control approaches. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. doi: 10.3389/fvets.2018.00255.
16. Charlier, J., van der Voort, M., Kenyon, F., Skuce, P., & Vercruysse, J. (2014). Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends in Parasitology*, 30 (7), 361–367. doi: 10.1016/j.pt.2014.04.009.

17. Ploeger, H. W., & Holzhauer, M. (2012). Failure to eradicate the lungworm *Dictyocaulus viviparus* on dairy farms by a single mass-treatment before turnout. *Veterinary Parasitology*, 185 (2–4), 335–338. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.10.026.
18. Geurden, T., Chartier, C., Fanke, J., di Regalbono, A. F., Traversa, D., von Samson-Himmelstjerna, G., Demeler, J., Vanimisetti, H. B. Bartram D. J., & Denwood, M. J. (2015). Anthelmintic resistance to ivermectin and moxidectin in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 5 (3), 163–171. doi: 10.1016/j.ijpddr.2015.08.001.
19. Charlier, J., Ghebretinsae, A. H., Levecke, B., Ducheyne, E., Claerebout, E., & Vercruysse, J. (2016). Climate-driven longitudinal trends in pasture-borne helminth infections of dairy cattle. *International Journal for Parasitology*, 46 (13–14), 881–888. doi: 10.1016/j.ijpara.2016.09.001.
20. Bryant, A. S., & Hallem, E. A. (2018). Temperature-dependent behaviors of parasitic helminths. *Neuroscience Letters*, 687, 290–303. doi: 10.1016/j.neulet.2018.10.023.
21. Van der Voort, M., Van Meensel, J., Charlier, J., Van Huylenbroeck, G., & Lauwers, L. (2017). How Advanced Efficiency Techniques Can Support Production Disease Control Decisions on Dairy Farms. *Euro Choices*, 16 (2), 47–53. doi: 10.1111/1746-692x.12152.
22. Vercruysse, J., Charlier, J., Van Dijk, J., Morgan, E. R., Geary, T., von Samson-Himmelstjerna, G., & Claerebout, E. (2018). Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology*, 145 (13), 1655–1664. doi: 10.1017/s003118201700227x.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Нагорна Л. В. Епізоотична ситуація щодо гельмінтозів великої рогатої худоби в господарствах Сумської області. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 216–221.

© Нагорна Людмила Володимирівна, 2020

review article | UDC 636.09.32/.38:616.99 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.27

SPECIAL MEASURES OF ANTI-HELMINTOSES COMPLEX IN CASE OF GOOSE ENDO-PARASITOSE (ANSER ANSER DOMESTICUS & ANSER CYGNOIDES DOMESTICUS, LINNAEUS, 1758)

I. D. Yuskiv¹

ORCID  [0000-0002-6029-3488](https://orcid.org/0000-0002-6029-3488)

V. V. Melnychuk^{2*}

ORCID  [0000-0003-1927-1065](https://orcid.org/0000-0003-1927-1065)

¹ Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, 50, Pekarska str., Lviv, 79010

² Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: melnychuk86@ukr.net

Data as to the most widely spread causal agents of goose helminthic diseases (*Anser anser domesticus* & *Anser cygnoides domesticus* Linnaeus, 1758), which are of interest for veterinary doctors, have been presented in the article. Chemical-therapeutic preparations, available on the pharmaceutical market of Ukraine and used for treatment and prevention in goose breeding, have been listed. The main causal agents of goose endo-parasitic diseases have been considered taking into account the modern parasites' system position. The peculiarities of their biology and epizootology on the territory of Ukraine in accordance with the data of well-known scholars researching veterinary parasitology have been briefly presented. The information has been generalized concerning the peculiarities of using anti-helminthic preparations for the treatment of goose trematodoses, cestodoses, nematodoses, and acanthocephaloses. The information as to the most widely spread preparations and chemical compounds, which are active substances of these preparations, has been given in the paper (their chemical names in different countries of the world, and also synonyms, structural formulas, the main physical properties). The information has been given concerning the dosage and peculiarities of applying chemical-therapeutical preparations for the treatment of goose endo-parasitic diseases in accordance with the data in the modern scientific literature and corresponding recommendations for conducting post-dehelminthization period in case of various helminthoses. The groups of anti-helminthic means were considered: benzimidazols, imidothiazols, macro-cyclic lactones, salicylanilides, and also combined agents having several active substances in their composition. The aim of the given paper has been to show the modern state concerning goose endo-parasitic diseases both on the territory of Ukraine and in the whole world, single out the available anti-helminthic preparations, generalize the information concerning their using, and also point out the important moments of post-dehelminthization period. The conducted analysis of literary sources will enable to expand the existing data concerning the pathogens of parasitic etiology, which cause considerable economic losses in goose breeding sector. The data presented in the article will help specialists of veterinary medicine choose the necessary effective chemical-therapeutical preparation for the treatment of certain helminthosis or its association development. In its turn, the given information will help ensure veterinary well-being on goose farms of Ukraine, which will enable to create the flocks of healthy and highly productive poultry.

Key words: geese, helminths, trematodes, cestodes, nematodes, acanthocephales, chemical-therapeutical preparations, anti-helminthics.

СПЕЦІАЛЬНІ ЗАХОДИ ПРОТИГЕЛЬМІНТОЗНОГО КОМПЛЕКСУ ЗА НАЯВНОСТІ ЕНДОПАРАЗИТОЗІВ У ГУСЕЙ (*ANSER ANSER DOMESTICUS* & *ANSER CYGNOIDES DOMESTICUS*, LINNAEUS, 1758)**І. Д. Юськів¹, В. В. Мельничук²,**¹ Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна² Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

У статті наведено дані відносно найбільш поширених збудників гельмінтозних захворювань гусей (*Anser anser domesticus* & *Anser cygnoides domesticus* Linnaeus, 1758) що представляють інтерес для лікарів ветеринарної медицини. Перелічено хіміотерапевтичні препарати, наявні на фармацевтичному ринку України й застосовуються з метою лікувально-профілактичних обробок у галузі гусівництва. Розглянуто основні збудники ендopаразитарних захворювань гусей, зважаючи на сучасне систематичне положення паразитів. Коротко наведено особливості їхньої біології та епізоотології на теренах України згідно з даними відомих учених у галузі ветеринарної паразитології. Узагальнено інформацію щодо особливостей використання антигельмінтних препаратів у разі трематодозів, цестодозів, нематодозів та акантоцефальозів гусей. У роботі наведено відомості найбільш поширених препаратів та хімічних поєднань, що є діючими речовинами цих препаратів (їхні хімічні назви, існуючі в різних країнах світу, синоніми, структурні формули, основні фізичні властивості). Наведено інформацію щодо дозування та особливостей використання хіміотерапевтичних засобів у разі ендopаразитарних захворювань гусей згідно з даними сучасної наукової літератури та відповідними рекомендаціями щодо проведення постдегельмінтизаційного періоду в умрвах різних гельмінтозів. Розглянуті групи антигельмінтних засобів: бензімідазоли, імідотіазоли, макроциклічні лактони, саліциланіліди, а також комбіновані засоби, що мають у своєму складі декілька діючих речовин. Метою цієї роботи було показати сучасний стан щодо ендopаразитарних захворювань гусей як на території України, так і світу загалом, виділити існуючі антигельмінтні препарати, узагальнити інформацію щодо їхнього використання та вказати на важливі моменти постдегельмінтизаційного періоду. Проведений аналіз літературних джерел дасть змогу розширити вже наявні дані стосовно патогенів паразитарної етіології, що обумовлюють значні економічні втрати в галузі гусівництва. Викладені у статті дані допоможуть фахівцям ветеринарного профілю підібрати ефективний хіміотерапевтичний засіб певного гельмінтозу чи його асоціативного перебігу. Так само наведена інформація допоможе забезпечити ветеринарне благополуччя в гусегосподарствах України, що дозволить створити стада здорової й високопродуктивної птиці.

Ключові слова: гуси, гельмінти, трематоди, цестоди, нематоди, акантоцефали, хіміотерапевтичні препарати, антигельмінтики.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВОГЕЛЬМИНТНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ЭНДОПАРАЗИТОЗАХ ГУСЕЙ (*ANSER ANSER DOMESTICUS* & *ANSER CYGNOIDES DOMESTICUS*, LINNAEUS, 1758)**И. Д. Юськив¹, В. В. Мельничук²,**¹ Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина² Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

В статье приведены данные относительно наиболее распространенных возбудителей гельминтозных заболеваний гусей (*Anser anser domesticus* & *Anser cygnoides domesticus* Linnaeus, 1758) представляющие интерес для врачей ветеринарной медицины. Перечислены препараты, которые присутствуют на фармацевтическом рынке Украины и применяются с целью лечебно-профилактических обработок в области гусеводства. Рассмотрены основные возбудители ендopаразитарных заболеваний гусей с учетом современного систематического положения паразитов. Коротко приведены особенности их биологии и эпизоотологии на территории Украины согласно дан-

ным известных ученых в области ветеринарной паразитологии. Обобщена информация об особенностях использования антигельминтных препаратов при трематодозах, цестодозах, нематодозах и акантоцефалезах гусей. Целью данной работы было показать современное состояние относительно эндопаразитарных заболеваний гусей как на территории Украины, так в мировом масштабе, выделить существующие антигельминтные препараты, обобщить информацию по их применению и указать на важные моменты постдегельминтизационного периода.

Ключевые слова: гуси, гельминты, трематоды, цестоды, нематоды, акантоцефалы, препараты, антигельминтики.

Интереси дальшого розвитку гусівництва потребують вирощування свійських і диких гусей, позбавлених гельмінтів, і створення в господарствах різних форм власності здорових стад [1–4]. Цього можна досягти завдяки плановому здійсненню заходів боротьби з гельмінтозами відповідно до чинних настанов і рекомендацій. Ефективність боротьби з гельмінтозами пов'язана з багатьма труднощами. Досі залишається проблемою винищення (девастація) збудників інвазійних хвороб на всіх стадіях їхнього життєвого циклу доступними способами [5–7]. Практично боротьба з гельмінтозами зводиться до дегельмінтизації – поєднання елементів терапії і профілактики. Препарати, призначені для цього, за рекомендаціями «Всесвітньої асоціації за прогрес ветеринарної паразитології» (World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology – W.A.A.V.P.) класифікують за ефективністю на категорії: високоефективні антигельмінтики – мають активність понад 98 % на статевозрілих паразитів, а також впливають на їхні ларвальні форми, локалізовані в організмі живителя, ефективні (90–98 %), помірно ефективні (80–89 %) і недостатньо ефективні або неефективні (нижче 80 %) [8]. Дуже важливо є й те, що за наявності гельмінтозів у птиці лікують хімічними і біологічними препаратами, які повинні діяти на зародки гельмінтів – знищення яєць і личинок гельмінтів, тим самим зумовлюючи зниження ступеня забруднення довкілля інвазійними формами [9–11].

У системі спеціальних заходів протигельмінтного комплексу необхідно враховувати застосування різноманітних методів утримання птиці й різних методів дегельмінтизації їх, ураховуючи вид паразитів, хіміопротекторну ефективність, уточнення гельмінтологічної ситуації, оцінку пасовищ і водойм, дезінвазію приміщень і вигулів [12–14].

Препарати повинні мати широкий спектр дії щодо багатьох гельмінтів з різних систематичних груп – трематод, цестод, нематод, акантоцефал, не викликати в них звикання при повторному застосуванні, не пригнічувати функцій імунної системи. Ліквідація інвазійної хвороби може ускладнюватися тим, що серед водоплавної птиці нерідко трапляються випадки одночасного ураження паразитами різних видів, тобто має місце мікстинвазія [15–17].

Преімагінальні дегельмінтизації здійснюють у терміни, коли гельмінти в організмі живителя не досягли статевої зрілості. За наявності клінічних ознак захворювання водоплавної птиці лікувальну дегельмінтизацію проводять у будь-який час року. У разі ускладнень, спричинених вторинною інфекцією або незаразними хворобами, призначають симптоматичне лікування проти вторинних хвороб [18–20].

Застосування ліків при інвазійних хворобах водоплавної птиці є надзвичайно утрудненим через умови кліматично-географічних зон, наявність різних стадій розвитку гельмінтів тощо. Перед масовою лікувальною або профілактичною дегельмінтизацією сильнодіючі препарати, що вперше надійшли, та нові методи їх застосування попередньо випробовують на невеликій групі (15–20 голів) птиці. За відсутності впродовж двох-трьох днів ускладнень піддають дегельмінтизації все поголів'я птиці [21–26].

Нині кількість ветеринарних антигельмінтних препаратів у світі є досить великою, водночас більшість з наявних засобів має широкий спектр дії. Поряд з тим кожен з препаратів має різну ефективність на ту чи ту групу гельмінтів.

Найпоширеніші трематодози гусей та трематодоцидні препарати, що застосовуються для лікувально-профілактичних дегельмінтизацій.

Трематоди (присисні) – плоскі черви, яким найчастіше властиві листо-, груше- та ниткоподібні форми тіла. Тіло трематод, сплюснене в дорзо-вентральному напрямі. На вентральній поверхні тіла мають черевну присоску – фіксаторний орган. Усі трематоди – біогельмінти. Паразитує тематоди з ряду Echinostomatida у гусей: у тонкому і в товстому кишечнику [27–30].

Нотокотильоз спричинює збудник – трематода *Notocotylus chionis* (Baylis, 1928) з родини Notocotylidae, що паразитує у сліпих кишках свійських і диких гусей. Збудник нотокотильозу розвивається за участі дефінітивних (гуси) і проміжних (прісноводні молюски – бітинії) живителів. Гуси

заражаються нотокотильозом у теплу пору року на водоймах при заковтуванні адолескаріїв разом з травою, водою або молюсками [31, 32].

Ехіностоматидози спричинюються численними видами трематод з родини Echinostomatidae, з яких найбільш поширені і патогенні: *Echinostoma revolutum* (Fröhlich, 1802) Rudolphi, 1809, *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873) Dietz, 1909 та *Hypoderaeum conoideum* (Bloch, 1782) Dietz, 1909. Ці трематоди найчастіше паразитують у тонких, рідше в товстих кишках свійських качок та гусей і дикої водоплавної та болотної птиці, значно рідше в курей, індиків і голубів [33–38]. Ехіностоматидози поширені переважно в західних районах України, а також у Житомирській, Вінницькій, Черкаській і Чернігівській областях. Збудники цих трематодозів розвиваються за участі дефінітивних (свійська й дика водоплавна птиця), проміжних (прісноводні молюски – звичайний, болотний і вушкоподібний ставковики, рогова та звичайна витушки та ін.) і додаткових (ці ж молюски, жаби та їх пуголовки, іноді риба) живителів. Водоплавна птиця заражається ехіностоматидозами в теплий період року на водоймах при поїданні молюсків, жаб або їх пуголовок, інвазованих метацеркаріями збудників трематодозів [39–45].

Максимальну інвазованість водоплавної птиці, а також іншої свійської птиці спостерігають у літньо-осінній період року. Взимку відбувається самовідходження паразитів, тому в цей час ехіностоматид, як правило, у птиці не знаходять. Метацеркарії стійкі проти несприятливих умов зовнішнього середовища (низьких температур, гниття тощо). Вони здатні перезимовувати в тілі додаткових живителів (молюсків) [46, 47].

Для дегельмінтизації гусей за наявності трематодозів застосовують фенасал, празиквантел, фендендазол та флюбендазол груповим методом або індивідуально.

Фенасал (Phenasalum), син.: йомезан, ніклозамід, радеверм, сагімід, атан, Байєр 2353, біомезан, цестодоцид; кофартен, девермін, телмін, форантен, фуготеніл, гельміантіл, контал, літекс, мансон, мато, назамо, сулкви, теніамід, тредемін, вермітин та ін.

Фенасал – порошок світло-сірого або світло-жовтого кольору без запаху і смаку. Малорозчинний у воді та спирті, температура плавлення 226–229 °С, погано розчинний у воді, ацетоні, оцтовій кислоті, бензолі. Хімічна назва – 5,2-дихлор-4-нитросалициланилід; $C_{13}H_8Cl_2N_2O_4$ (рис. 1).

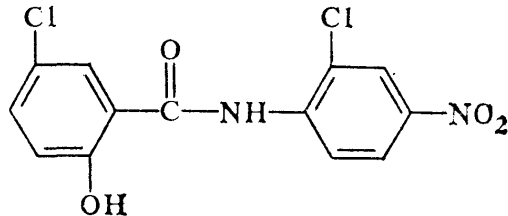


Рис. 1. Структурна формула фенасалу

Засіб призначають гусям за наявності ехіностоматидозів у дозі 0,6 г/кг маси тіла з кормом одноразово після 12-годинної голодної дієти [48–51].

Празиквантел (Praziquantelum), син.: азінокс, білтрицид, більтрицид, цесол, цистицид, Azinox, Biltricid, Cesol, Praziquantel.

Празиквантел порошок від жовтого до жовто-коричневого кольору. Не диспергується у холодній воді, метанолі. Празиквантел нерозчинний у холодній воді, метанолі. Молекулярна маса: 312,41 г/моль. Температура плавлення: 136–1420С. Хімічна назва – 2-(циклогексилкарбоніл)-1,2,3,6,7,11b-гексагідро-4Н-піразино[2,1-а] ізохінолін-4-он; $C_{19}H_{24}N_2O_2$ (рис. 2).

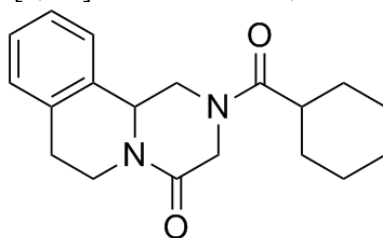


Рис. 2. Структурна формула празиквантелу

У гусівництві застосовують за наявності трематодозів у дозі 10 мг/кг маси тіла в суміші з комбікормом два дні поспіль або в дозі 25 мг/кг маси тіла в суміші з комбікормом одноразово [52–55].

Фенбендазол (Fenbendazolum), син.: НОЕ 881 v, панакур, сибкур, фенкур, фестал.

Фенбендазол кристалічний порошок без запаху та смаку, світло-сіро-білого кольору, нерозчинний у воді, слабозчинний у звичайних розчинниках, розчинний у диметилсульфоксиді. Молекулярна маса: 299,35. Температура плавлення 233 °С. Хімічна назва – 5-(фенілтіо)-2-бензimidазолкарбамат; $C_{15}H_{13}N_3O_2S$ (рис. 3).

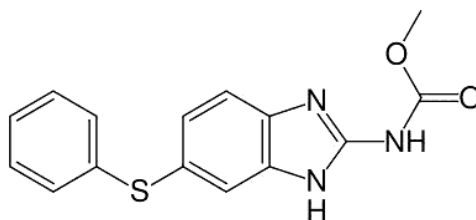


Рис. 3. Структурна формула фенбендазолу

Препарат згодовують гусям у разі трематодозів зі зволоженою мішанкою в дозі 40 мг/кг маси птиці два дні поспіль [56, 57].

Флубендазол (Flubenololum), син.: R 17889, флумоксал, флумоксан, флубенол, флутелмін.

Флубендазол кристалічний порошок. Молекулярна маса: 299,35. Температура плавлення 260 °С. Хімічна назва – 5-(p-флуоробензоїл)-2-бензimidазолкарбамінової кислоти метил ефір; $C_{16}H_{12}FN_3O^3$ (рис. 4).

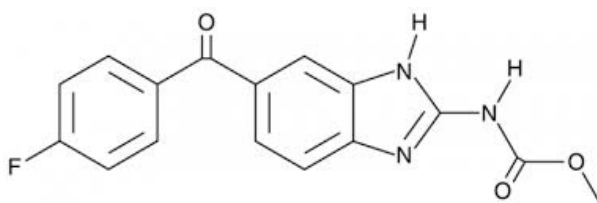


Рис. 4. Структурна формула флубендазолу

У гусівництві препарат застосовують перорально в дозі 10-50 мг/кг маси тіла (за ДР) упродовж 5 днів [57–59].

Після дегельмінтизації водоплавну птицю протягом трьох днів витримують у приміщенні або загоні. Послід, що виділився за цей час назовні, ретельно прибирають і спалюють або знезаражують у послідовосховищах [57].

Профілактичну дегельмінтизацію на гусефермах проводять після закінчення випасного сезону гусей при переведенні у пташники з водойм [18, 19, 57].

На гусефермах, неблагополучних щодо трематодозів, профілактичні заходи повинні бути спрямовані на розрив біологічного ланцюга розвитку збудника хвороби. Для цього гусенят потрібно утримувати і пасти на благополучних водоймах окремо від дорослих гусей. Щоб знезаразити водойму від трематодозної інвазії, забороняється використовувати її під вигули для гусей упродовж одного року. Профілактичним заходом є сухопутне вирощування гусенят до 3-місячного віку. Не допускати відвідування водойм біля птахоферм дикими водно-болотними птахами та гусьми й качками, які належать громадянам, періодично проводити гельмінтологічну оцінку водойм, а також обстеження птиці на трематодози [18–20, 57].

Найпоширеніші цестодози гусей та цестодоцидні препарати, що застосовуються для лікувально-профілактичних дегельмінтизацій.

Цестоди (стьожкові черви) – плоскі черви, які мають стрічкоподібну форму тіла. Тіло, або стробіла, цестоди складається зі сколекса, шийки і проглотид. Органи фіксації містяться на сколексі. Це чотири м'язові присоски або дві ботрії та хітинові гачечки (не у всіх цестод), що розміщуються на хоботку сколекса. Всі цестоди – біогельмінти. Імагінальні стадії цестод з ряду Cyclophyllidea (van Beneden in Braun, 1900) паразитують у гусей в тонких кишках [60, 61].

Гіменолепідози – групова назва захворювань, спричинюваних представниками родів *Hymenolepis* (Weinland, 1858) та *Fimbriaria* (Froelich, 1802) і видів цестод: *Hymenolepis lanceolata* (= *Drepanidotaenia lanceolata* Bloch, 1782), *Hymenolepis krabbei* (= *Tschertkovilepis krabbei* Kowalewski, 1895), *Hymenolepis setigera* (syn. *Tschertkovilepis setigera* (Frölich, 1789), *Fimbriaria fasciolaris* (Pallas, 1781) з родини Hymenolepididae (Ariola, 1899), які паразитують у тонкому відділі кишківників свійських і диких гусей [62, 65].

Різні види гіменолепідид різняться між собою довжиною й шириною стробіли, кількістю, формою й розмірами гачків на хоботку сколекса, будовою присосків і розміщенням статевих органів [66, 67].

Гіменолепідид розвивається за участі дефінітивних (гуси) і проміжних (ракоподібних – циклопів, діаптомусів, черепашкових рачків, бокоплавів) живителів. Гуси заражаються гіменолепідидозами на стоячих неглибоких водоймах при заковтуванні проміжних (циклопи, діаптомуси, черепашкові рачки, бокоплави) живителів, інвазованих цистицеркоїдами ціп'яка. Гіменолепідидози діагностують на гусефермах і в особистих господарствах громадян усіх зон України [66–68].

Найбільш сприйнятливий до гіменолепідозів та фімбріаріозу молодняк гусей віком від двох тижнів до чотирьох місяців. Дуже рідко уражуються каченята. Субклінічний перебіг хвороби (без виражених клінічних ознак) частіше спостерігається в дорослих гусей за низької інтенсивності інвазії гіменолепідами та фімбріаріями. На півдні України гуси починають хворіти на гіменолепідози та фімбріаріоз наприкінці травня, а в середній смузі – у червні. Гуси, що перебувають в особистих господарствах громадян, зокрема в поліських та лісостепових районах, здатні інвазувати водойми поблизу гусячих ферм [14, 20, 21, 27, 68].

У поширенні цестодозів гусей навесні значну епізоотологічну роль відіграють інвазовані моллюски ставковики й витушки, які в значній кількості перезимовують. Голодування гусей протягом кількох діб є причиною дестробіляції в гіменолепідид, що є біологічною адаптацією (присосуванням) до несприятливих умов в організмі живителя [18, 20, 57].

Для дегельмінтизації гусей застосовують фенасал, празиквантел, фенбендазол та альбендазол груповим методом або індивідуально в дозах, рекомендованих за наявності цестодозів.

Фенасал (Phenasalum) призначають водоплавній птиці за наявності цестодозів у дозах 0,4–0,6 г/кг маси птиці в суміші з вологою кормовою мішанкою одноразово. Індивідуально дають у болюсах, а при груповому призначенні з концентрованим кормом у співвідношенні 1 : 30 ранком після 16–18-годинної голодної дієти. Для кращого поїдання норму корму зменшують на 1/3. Напування птиці водою до і після дегельмінтизації не обмежують. Він руйнує кутикулу гельмінтів, порушує обмін речовин, унаслідок чого паразит гине [57].

Ніклозамід (Niclosamidum), син.: фенсал, мансоніл, лінсекс, йомезан, фена дек, феналідон. Засіб відноситься до групи саліциланілідів.

Жовтувато-білі або жовті дрібні кристали, практично нерозчинні у воді, важкорозчинні в ацетоні, злегка розчинні в етанолі, хлороформі та ефірі. Молекулярна маса: 327,10. Температура плавлення 227–232 °С. Хімічна назва – 2',5-дихлор-4'-нітросаліцил-анілід; $C_{13}H_8Cl_2N_2O_4$ (рис. 5).

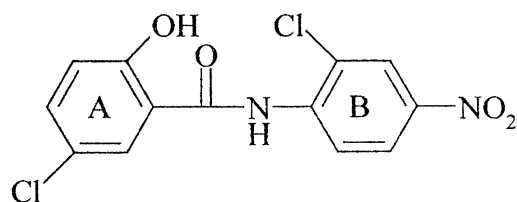


Рис. 5. Структурна формула ніклозаміду

За наявності цестодозів у гусей препарат ніклозамід застосовують перорально в дозі 20 мг/кг маси тіла упродовж 2–6 днів [57, 69].

Цестодоцидні ізохінолони представлені двома тісно пов'язаними препаратами: празиквантел та епсіпрантел. Цей цестодоцидний клас є найбезпечнішим та найефективнішим. Вони впливають на нервово-м'язовий зв'язок паразита і тегумента [57].

Празиквантел (Praziquantelum) дуже швидко всмоктується паразитами через їх поверхню – тегумент та рівномірно в них розподіляється, таким чином настає сильне пошкодження тегумента паразитів, а пізніше – подальше скорочення тегумента і параліч паразита. Підґрунтям для швидкого здійснення впливу празиквантелу є зміна проникності клітинної мембрани паразитів для Ca^{2+} , що призводить до втрати внутрішньоклітинного кальцію і порушення обміну речовин. Цей ефект спричиняє миттєве скорочення і параліч паразита [70]. Другий ефект – руйнівна вакуолізація та руйнування захисного тегументу. Комбінований вплив паралічу та руйнування тегумента забезпечує чудову активність проти плоских гельмінтів. Пероральне введення призводить до майже повного всмоктування та швидкого розподілу в організмі та через гематоенцефалічний бар'єр [71, 72].

Празиквантел призначають гусям у разі цестодозів у дозі 10 мг/кг маси тіла груповим методом (з

комбікормом) одноразово [73].

Препарати **фенбендазолу** застосовують гусям у разі цестодозів у дозах 10 мг/кг маси птиці методом групового вільного згодовування в суміші зі зволоженою мішанкою упродовж 5 днів. При індивідуальній дегельмінтизації ослаблених і виснажених птиці препарати назначають в тій же дозі у вигляді болуса або водної суспензії безпосередньо у воло за допомогою гумового зонда з лійкою або шприца з коротким гумовим наконечником. Перед дегельмінтизацією птицю витримують упродовж 12–16 год на голодній дієті [57].

Брованол Д – Brovanol D (препарат ТОВ «Бровафарма», Україна), випускається у формі порошку. 1 г препарату містить: ніклозамід – 230 мг, оксбендазол – 30 мг, левамізолу гідрохлорид – 40 мг. Препарат відноситься до групи комбінованих засобів. Застосовують препарат гусям за наявності цестодозів у дозі 5 г на 10 кг маси тіла в суміші з вологою кормовою мішанкою 3 дні під ряд [74, 75].

Альбендазол (Albendazolum), син.: SKF 62979, валбазен, центел, вермітан, альбен, альбакс, атазол. Засіб відноситься до групи бензімідазолів.

Білий або білуватий порошок. Розчинний у диметилсульфоксиді, міцних кислотах і лугах, погано розчинний у метиловому спирті, хлороформі, оцтовоетиловому ефірі, практично не розчиняється у воді. Молекулярна маса: 265,333 г/моль. Температура плавлення 208–210 °С. Хімічна назва – метил-5-(пропілтіо)-2-бензімідазол-карбамат; $C_{12}H_{15}N_3O_2S$ (рис. 6).

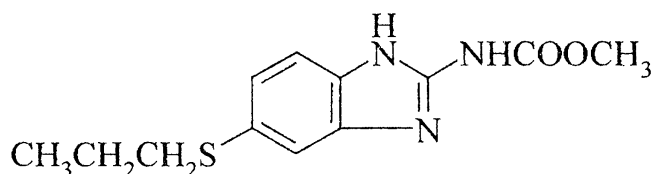


Рис. 6. Структурна формула альбендазолу

Препарати альбендазолу застосовують гусям за наявності цестодозів у дозах 10 мг/кг маси птиці методом групового вільного згодовування в суміші зі зволоженою мішанкою одноразово [57, 76]

У день дегельмінтизації птицю не випускають на водойми й пасовища впродовж однієї доби. Екскременти гусей, що виділилися за першу добу разом зі стьожковими червами, старанно збирають, а потім знищують (спалюють або закопують у землю [29, 47].

У неблагополучних господарствах за наявності цестодозів маточне поголів'я дегельмінтизують восени через 6–7 днів після переведення птиці на зимове утримання, а також навесні у другій половині березня – на початку квітня, перед виходом на воду. Водойми бажано залишати вільними на один рік, де перебувала інвазована водоплавна птиця. Молодняк, який утримували спільно з дорослою птицею на інвазованих водоймах, при виявленні зараження дегельмінтизують через кожні 12–14 днів після виходу на воду. Після лікування молодняк переводять на благополучні щодо цестодозів водойми або до 3–4 місяців утримують на сухопутних вигулах. Для водних вигулів для гусей використовують тільки проточні водойми. На ставки поблизу гусеферм не допускають диких водноболотних птахів – носіїв гіменолепідид. Важливий елемент профілактики хвороби – знезараження посліду біотермічним методом та дезінвазія зовнішнього середовища [51, 57, 60].

Найпоширеніші нематодози гусей та нематодоцидні препарати, що застосовуються для лікувально-профілактичних дегельмінтизацій.

Нематодози – найбільш поширена група гельмінтозів гусей, збудниками яких є круглі черви з класу нематод. Крім цього, нематоди роздільностатеві, причому самки, як правило, більші від самців. Епізоотологічний ланцюг при геогельмінтозах складається з дефінітивного живителя, елементів довкілля (грунт, послід і предмети догляду) та збудника (яйця і личинки), а при біогельмінтозах складається з дефінітивного живителя і проміжних (рачків-бокоплавів, дафній, малощетинкових червів та ін.) живителів [77–81].

Капіляріоз спричинює збудник – нематода *Capillaria anseris* (= *Baruscapillaria anseris* (Madsen, 1945), Moravec, 1982) (капілярія гусяча) з родини Capillariidae (Railliet, 1915), що паразитує в тонкому відділі кишечника свійських і диких гусей. Гуси заражаються капіляріозом на вигулах і у пташниках при заковтуванні інвазійних яєць цієї нематоди разом з ґрунтом, кормом і водою. Капіляріоз найчастіше реєструють у гусенят до чотирьох місяців. При вигульному утриманні птиці спостерігають збільшення екстенсивності та інтенсивності капіляріозної інвазії, особливо при сумісному її утриманні

на невеликих фермах та в особистих господарствах громадян. Яйця цієї нематоди здатні перезимувати і бути навесні джерелом інвазування птиці [82–85].

Аскаридіоз спричинює збудник – нематода *Ascaridia anseris*, Schwartz, 1925 (= *Ascaridia columbae*, Gmelin, 1790) (аскаридія гусяча) з родини Ascaridiidae Travassos, 1919 що паразитує в тонкому відділі кишечника свійських і диких гусей. Гуси заражаються аскаридіозом при заковтуванні інвазійних яєць гусячої аскаридії з кормом, водою, а також з ґрунтом. Поширення аскаридіозу гусей має зональні особливості (найчастіше його реєструють на гусефермах Українського Полісся). Для сезонної динаміки захворювання характерні літнє піднесення і різке зниження інвазії взимку. У північній частині України яйця аскаридії гусячої здатні перезимувати і навесні заражати сприйнятливую птицю [86, 87].

Гетеракоз спричинює збудник – нематода *Heterakis dispar*, Schrank, 1790 (= *Ganguleterakis dispar*) з родини Heterakidae Railliet & Henry, 1912, що паразитує у сліпих кишках свійських гусей і качок та диких водоплавних птахів. Гетеракиси розвиваються без участі проміжних живителів. Водоплавна птиця заражається гетеракозом на вигулах, пасовищах і у пташниках при заковтуванні інвазійних яєць збудника *Heterakis dispar*. Гетеракоз реєструють у різних зонах України серед молодняка, а також дорослих гусей. Поширенню інвазії сприяє порушення гігієнічних умов годівлі, догляду й утримання водоплавної птиці [78, 79, 87–90].

Амідостомоз спричинює збудник – нематода *Amidostomum anseris* (Zeder, 1800) з родини Amidostomidae, Travassos, 1919, що паразитує у стравоході та під кутикулою м'язового шлунка свійських і диких гусей. Гуси заражаються амідостомозом аліментарним шляхом при заковтуванні інвазійних личинок нематоди з травою і водою та при годівлі з підлоги. Амідостомоз діагностують повсюдно, особливо в районах Полісся й Лісостепу. Часто хворіють гусенята віком від одного до чотирьох місяців в особистих господарствах сільських жителів. Ураженість водоплавної птиці амідостомозом констатують у різні періоди року. Час ензоотичних спалахів цієї хвороби залежить від зональних і сезонних особливостей: у зоні Полісся вона найчастіше спостерігається в липні, а у степовій зоні – в червні [77–80, 91–94].

Трихостронгільоз спричинює збудник – нематода *Trichostrongylus tenuis* (Mehlis, 1846) з родини Trichostrongylidae, Leiper, 1912, що паразитує в тонкому відділі кишечника і у сліпих кишках свійських і диких гусей, а також качок, іноді курей. Водоплавна птиця заражається трихостронгільозом аліментарним шляхом при заковтуванні разом з травою або водою інвазійних личинок збудника. Захворювання гусей реєструють переважно у вигляді гельмінтоносійства або субклінічного прояву хвороби. Наростання інвазії спостерігають навесні, мінімальне зараження гусей – взимку [77, 95–98].

Ціатостоматоз спричинює збудник – нематода *Cyathostoma bronchialis*, Muhling, 1884, (= *Syngamus bronchialis*, *Calcaronema bronchialis*, *Hovorkonema bronchialis*, *Trichonema bronchialis*) з родини Syngamidae, що паразитує у трахеї, бронхах, іноді в повітроносних мішках свійських і диких гусей, а також качок. Гуси й качки заражаються ціатостоматозом при заковтуванні з кормом або водою інвазійних яєць, а також резервуарних живителів (дошові черви) – носіїв личинок збудника захворювання. Ціатостоматоз – природно-вогнищева хвороба, в поширенні якої провідну роль відіграють не свійські, а дикі водоплавні птахи, що під час весняних і осінніх прольотів іноді здатні інвазувати територію біля птахоферм. Захворювання гусенят на ціатостоматоз реєструють в окремих населених пунктах Сумської, Хмельницької, Чернівецької і Чернігівської областей [12, 14, 42, 99–102].

Сингамоз спричинює збудник – нематода червоного кольору *Syngamus skrjabinomorpha*, Ryjikov, 1948 з родини Syngamidae, Leiper, 1912, що паразитує у трахеї, а також у бронхах птиці. Гуси, а також кури та дикі сухопутні птахи заражаються сингамозом при заковтуванні з кормом і водою інвазійних яєць збудника або при поїданні резервуарних живителів (переважно дошових червів), у тілі яких тривалий час зберігаються личинки сингамусів. Дошова погода в теплу пору року, наявність колоній граків поблизу населених пунктів та шпаків біля птахоферм відіграють значну епізоотологічну роль у поширенні сингамозної інвазії серед свійської птиці. В окремих особистих господарствах громадян ензоотичний спалах сингамозу часто реєструють у західних районах Полісся серед гусенят 1,5–2-місячного віку [102–104].

Стрептокарроз спричинює збудник – нематода *Streptocara crassicauda*, Creplin, 1829, (= *Spiroptera crassicauda*) з родини Asuariidae, Railliet, Henry & Sisoff, 1912, що паразитує під кутикулою м'язового шлунка свійських качок і гусей та диких водоплавних птахів. Стрептокари – біогельмінти. Вони розвиваються за участі дефінітивних (водоплавна птиця) і проміжних (рачки-бокоплави, які поширені у стоячих водоймах з прісною й солоною водою) живителів. Водоплавна птиця заражається стрептока-

розом при поїданні бокоплавів, а також резервуарних живителів (риба), інвазованих личинками збудника цього нематодозу. Стрептокарроз належить до природно-вогнищевих інвазійних хвороб. Свійська водоплавна птиця найчастіше уражується цим гельмінтозом на узбережжі Чорного й Азовського морів (біля заповідників і у птахогосподарствах, розташованих поблизу шляхів весняних і осінніх прольотів диких птахів). Захворювання качок нерідко реєструють на фермах колгоспів і радгоспів південних областей, де в літній період хворі каченята відстають у рості й розвитку, іноді гинуть. У тілі бокоплавів інвазійні личинки стрептокар зберігають життєздатність до 2–3 років. У шлунку птиці паразит живе кілька місяців і до весни вони цілком позбуваються стрептокар [104–110].

Ехінуріоз спричинює збудник – нематода *Echinuria uncinata* Rudolphi, 1819, (= *Acuaria uncinata*, *Echinuria querquedulae* Johnston & Mawson, 1944, *Spiroptera uncinata*) з родини Acuariidae, Railliet, Henry & Sisoff, 1912, що паразитує у стінці залозистого шлунка та стравоході качок, гусей і курей та багатьох видів диких водоплавних птахів, де утворює великі сполучнотканинні стовщення (завбільшки з лісовий горіх), у яких міститься кілька десятків паразитів. Ехінурії – біогельмінти. Вони розвиваються за участі дефінітивних (водоплавна птиця) і проміжних (дафнії) живителів. Проміжними живителями, крім дафній, можуть бути також черепашкові рачки, водяні ослики та бокоплави, але личинки в їхньому тілі розвиваються повільніше. Водоплавна птиця заражається ехінуріозом, заковтуючи разом з водою інвазованих дафній, можливо, інших ракоподібних. Ехінуріоз реєструють у різних зонах України. Найбільш сприйнятливі до зараження молодняк віком від трьох тижнів до 2,5 місяців. Максимальна екстенсивність та інтенсивність інвазії спостерігається влітку [109–112].

Для дегельмінтизації гусей у разі нематодозів застосовують лікарські засоби з хімічної груп: імідазотіазолі, макроліди, бензімідазолі, пробензімідазолі та гексагідропіразини груповим методом або індивідуально.

Імідазотіазолі – група препаратів, що містять діючу речовину тетрамізол та його лівообертаючий ізомер – лівомізол гідрохлорид.

Тетрамізол – лівомізол (левамізол) (tetramisolum – levamisolum), син.: гідрохлорид, Байер 9051, R 8299, антелвет, цитарин, нілверм, оровермол, ріперкол, левазол, спартакон, беламізол, тетравет, неміцид, ергамізол, трамізол.

Білий кристалічний, хімічно стабільний, нерозчинний у воді порошок, добре розчиняється в різних органічних розчинниках: етанол, метанол, хлороформ і оцтова кислота. Молекулярна маса: 204,1 г/моль. Температура плавлення 87–89 °С. L – (–) форма – лівомізол (левамізол) має температуру плавлення 60–61,5 °С; D – (+) форма – гідрохлорид має температуру плавлення 227–227,5 °С. Хімічна назва – 2,3,5,6-тетрагідро-6-фенілімідазо-[2,1-6] тіазол; C₁₁H₁₂N₂S (рис. 7).

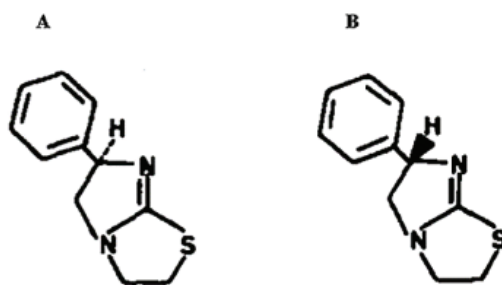


Рис. 7. Структурна формула:

D (+) форма тетрамізол – А; L – (–) форма – лівомізол (левамізол)

Тетрамізол гранулят 20 % (Tetramizole 20 % granules), син. нілверм (фірма Chinoïn, Угорщина) Випускається у формі гранульованого порошку, в 1 г якого міститься 200 мг тетрамізолу у формі солянокислої солі. Біологічно активна форма лівообертаючого ізомеру тетрамізолу гальмує активність важливих для нематод ензимів фумарат і сукцинатдегідрогеназ. Препарат діє на статевозрілі та личинкові форми нематод.

Нілверм або в лікарській формі тетрамізолу гранулята 20 % застосовують гусям за наявності нематодозів у дозі 0,04–0,08 г/кг маси птиці (за ДР) груповим методом у суміші з концентрованим кормом у співвідношенні 1 : 30 одноразово в ранішню годівлю. У разі ціатостомозу гусей нілверм призначають у дозі 0,05 г/кг маси у вигляді 3-процентного водного розчину і випоюють уранці замість питної води одноразово або тетрамізол гранулят згодують гусеняткам у суміші з комбікормом по

0,04 г/кг маси тіла упродовж трьох днів поспіль. Для дегельмінтизації гусей за наявності ехінурозу застосовують тетрамізолу гранулята 20 % у дозі 0,125 г/кг маси тіла (за ДР) груповим методом у суміші з концентрованим кормом п'ять днів поспіль [57, 113–117].

Лівомізол (левамізол) гідрохлорид – діюча речовина (ДР), яка діє на нервово-м'язову систему паразита, гальмує активність ацетилхоліністерази, блокує утворення АТФ, спричиняє безперервне скорочення м'язів, релаксацію і незворотний параліч паразита. Препарат за дією на нематод удвічі ефективніший від тетрамізолу.

Лівомізол (левамізол) у разі нематодозів гусей застосовують перорально в дозі 30 мг/кг з питною водою або 300 проміле на корм одноразово [34]. Лівомізол (левамізол) можна застосовувати водоплавній птиці з питною водою до 40 мг/кг, оскільки пікова концентрація, а не тривалість впливу, важливіша щодо антигельмінтної ефективності левамізолу [118].

Макроциклічні лактони або макроліди (авермактини та мільбеміцини) – антибіотики, що синтезуються багатьма мікроорганізмами. На відміну від інших антибіотиків макроциклічний лактоновий дисахарид не має протимікробної та протигрибкової дії. В основу механізму дії полягає хімічна речовина, що служить для передачі імпульсів між нервовими клітинами або від нервової клітини до клітини м'язової тканини. Цей нейромедіатор називається гамма-аміномасляна кислота (ГАМК). У нематод івермектин, аверсектин, моксидектин, абамектин, еспіномектин, мільбеміцин, селамектин, емодепсид та інші діючі речовини (ДР) стимулюють виділення ГАМК нервовими закінченнями і підсилюють зв'язування ГАМК з постсинаптичними ГАМК-рецепторами, блокуючи таким чином передачу нервових імпульсів, що врешті-решт призводить до паралічу й загибелі паразита [119, 120].

Мікрогранульований івомек застосовують у дозі 200 мкг/кг маси птиці в суміші з кормом методом групового згодовування одноразово. Івермектин вводять гусям індивідуально у разі нематодозів як водний розчин у дозі 200–300 мкг/кг маси птиці одноразово всередину за допомогою шприца з гумовим наконечником перед ранішньою годівлею. Моксидектин вводять гусям індивідуально у разі нематодозів як водний розчин у дозі 200–300 мкг/кг маси птиці одноразово всередину за допомогою шприца з гумовим наконечником перед ранішньою годівлею. Мільбеміцин вводять гусям індивідуально у разі нематодозів як водний розчин у дозі 2 мг/кг маси птиці одноразово всередину за допомогою шприца з гумовим наконечником перед ранішньою годівлею [57, 121–123].

Бензімідазоли – велика група препаратів широкого спектру дії, які використовуються протягом багатьох років. Механізм антигельмінтної дії бензімедазолів полягає в порушенні процесів транспортування глюкози й порушенні мікротубулярної функції в гелмінта, пригніченні активності фумаратредуктази і синтезі АТФ, підвищенні проникності клітинних мембран, що призводить до порушення нервово-м'язової іннервації, паралічу та загибелі паразита і сприяє його елімінації з травного каналу [57, 114, 118, 124].

Фенбендазол застосовують гусям у разі капіляріозу в дозі 10 мг/кг маси тіла упродовж 4-х днів, у разі сингамозу – в дозі 10 мг/кг маси тіла упродовж 6-и днів, за наявності стрептокарозу та ехінурозу – в дозі 30 мг/кг маси тіла упродовж 4-х днів, за наявності аскаридіозу – в дозі 60 мг/кг маси тіла упродовж 3-х днів (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю [56, 57].

Фенбендазол у формі (панакур фірма «Баєр» – Німеччина, фенкур – Індія, «Укрзооветпромстач» – Україна) фензол 22 % призначають гусям за наявності амідостомозу, аскаридіозу, гетеракозу в дозі 0,04 г/кг маси тіла (за ДР) груповим методом у суміші з кормом 1 : 10 одноразово в ранішню годівлю [57, 123, 125].

Бровадазол 20 % – Brovadazole 20 % (ТОВ «Бровафарма», Україна). Випускається у формі порошку. 1 г препарату містить: ДР фенбендазол – 200 мг. Застосовують препарат гусям за наявності капіляріозу, амідостомозу, сингамозу, стрептокарозу, ехінурозу в дозі 0,5 г на 10 кг маси тіла в суміші з кормовою мішанкою 4–5 днів поспіль [123, 126, 127].

Фебентел (Febantelum), син.: Bay Vh 5757, ринтал.

Білий або майже білий кристалічний порошок. Молекулярна маса: 446,49 г/моль. Температура плавлення 120–130 °С. Хімічна назва – диметил [2-(2-метоксиацетамідо)-4-(феніліо)феніл] імідокарбоніл) дикарбамат; C₂₀H₂₂N⁴O₆S (рис. 8).

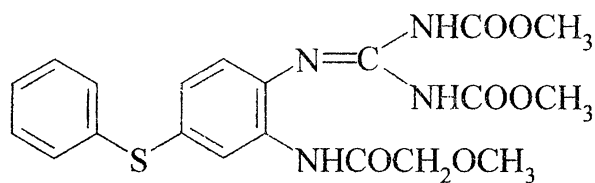


Рис. 8. Структурна формула фебентелу

Фебентел (рінтал фірма «Баєр», Німеччина) застосовують гусям за наявності капіляріозу в дозі 15 мг/кг маси тіла упродовж 2 днів, а за наявності сингамозу в дозі 30 мг/кг маси тіла (за ДР) упродовж 3-х днів (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю [57, 114, 122, 123, 128, 129].

Мебендозол (Mebendazolum), син.: R 17635, овітелмін, пантелмін, телмін, вермі-ракс, вермокс. Жовтуватий порошок, практично не розчинний у воді й більшості органічних розчинників, добре розчинний у мурашиній кислоті. Молекулярний маса 288,5 г/моль. Температура плавлення 295,33 °С. Хімічна назва – метил 5-бензоіл-2-бензимидазол- карбамат; C₁₆H₁₃N₃O₃ (рис. 9).

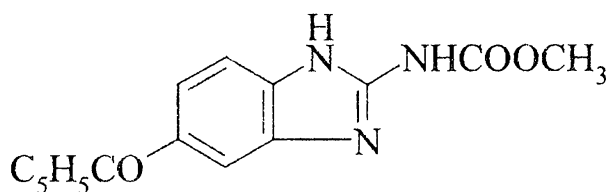


Рис. 9. Структурна формула мебендазолу

Мебендозол призначають гусям за наявності амідостомозу та сингамозу в дозі 10–12 мг/кг маси тіла упродовж двох тижнів, а за наявності капіляріозу та аскаридіозу в дозі 60 мг/кг маси тіла (за ДР) упродовж 7-и днів (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю [57, 123, 130–132].

Флубенол 5% – Flubenol 5 % (фірма «Janssen Animal Health», Бельгія) 1 кг препарату містить: ДР флубендазол – 50 г та допоміжні речовини: лаурилсульфат натрію – 10 г, діоксид титану – 20 г, лактозу – 920 г. Застосовують премікс гусям за наявності капіляріозу, сингамозу, трихостронгільозу та амідостомозу в дозі 30 г флубендазолу на тонну корму (30 проміле) протягом 7-и днів поспіль [57, 133].

Камбендозол (Cambendazolum), син.: МК-905, бондам, бовіікам, камбет, еквібен, навазол, новібен.

Білий кристалічний порошок без запаху. Розчиняється в алкоголі, диметилформаміді, ацетоні, слабозрозчинний у бензині, 0,1 М розчині НСl, практично нерозчинний в ізооктані та воді. Молекулярна маса: 302,35 г/моль. Температура плавлення 238–240 °С. Хімічна назва – 5-ізопропоксикарбоніламіно-2-(4-тіазоліл)бензимидазол; C₁₄H₁₄N₄O₂S (рис. 10).

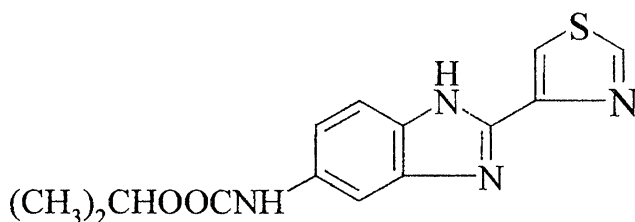


Рис. 10. Структурна формула камабендазолу

Камбендозол застосовують гусям за наявності амідостомозу та капіляріозу в дозі 60–70 мг/кг маси тіла (за ДР) одноразово (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю [134, 135].

Тіабендозол (Thiabendazolum), син.: МК-360, омнізол, тіабен, тібензол, бовізол, еп-рофіл, еквізол, мінтезол, мертект, ломбристоп, мінзолум, нетаран, полівал, TBZ, текто.

Порошкоподібна речовина білого або кремового кольору без вираженого смаку й запаху. Максимально розчинний у воді при рН 2,2 3,84%, розчиняється в диметилформаміді, слабо у спиртах, ефірі, хлорованих вуглеводнях. Молекулярна маса 201,26. Температура плавлення 304–305 °С. Хімічна назва – 2-(4-тіазоліл-1 Н-бензимидазол; 4-(2-бензимидазоліл)тіазол; C₁₀H₇N₃S (рис. 11).

Препарат застосовують гусям за наявності трихостронгільозу та сингамозу в дозі 50–80 мг/кг маси птиці) упродовж 4-х днів підряд (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю [57, 136–138].

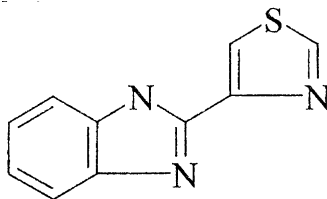


Рис. 11. Структурна формула тіабендазолу

Альбен 20 % гранулят – Alben 20% granulate (препарат ТОВ «НВЦ Агроветзахита», Росія) Випускається у формі гранул. 1 г препарату містить: ДР альбендазол – 0,2 г та допоміжні речовини: полівінілпіролідон – 0,04 г, магнію кальцію – 0,06 г, крохмаль картопляний – 0,40 г і лактозу – 0,3 г. Призначають гусям у разі міксінвазій (нематоди-цестоди-трематоди) – амідостомозу, гетеракозу, гімено-лепідозу, нотокотильозу, ехіностомозу груповим методом у дозі 0,05 г/голову (10 мг/кг за ДВ) з кормом одноразово [114, 138].

Клозальбен – Clozalbene (препарат ВІК – здоров'я тварин ПІ, Республіка Білорусь) Випускається у формі порошку. 1 г препарату містить: 50 мг альбендазолу і 50 мг клозантелу. Застосовують препарат гусям за наявності міксінвазій (нематоди-цестоди-трематоди) – амідостомозу, гетеракозу, капіляріозу, трихостронгільозу, гіменолепідозу, нотокотильозу, ехіностомозу груповим методом у дозі 200 мг / кг живої маси (10 мг / кг за ДВ) у суміші з концентрованими кормами одноразово [57, 139].

Брованол Д – Brovanol D – (препарат ТОВ «Бровафарма», Україна). Випускається у формі порошку. 1 г препарату містить: ніклозамід – 230 мг, оксибендазол – 30 мг, левамизолу гідрохлорид – 40 мг. Застосовують препарат гусям у разі капіляріозу, аскаридіозу, сингамозу, стрептокарозу в дозі 5 г на 10 кг маси тіла в суміші з вологою кормовою мішанкою 3 дні поспіль [74, 75, 123].

Піперазин (Piperazinum) син.: гексагідропіразин, піперазидин, диетилендіамін, лумбрикал, вирміразин.

Порошок з частинками у формі листочків. Розчинний у воді, гліцерині, гліколі та алкоголі, нерозчинний у ефірі. Молекулярна маса 199,26. Температура плавлення – 185,1 °С. Хімічна назва – гексагідропіперазин; $C_4H_{10}N_2$ (рис. 12).

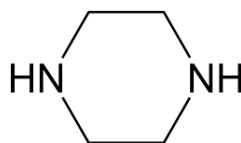


Рис. 12. Структурна формула піперазину

Піперазин (гексагідропіразин, диетилендіамін) і його солі спричиняють наркотизацію паразитів. Антигельмінтна активність піперазину залежить від його антихолінергетичної дії на рівень нервово-м'язових синапсів у паразита. При цьому виникає не тільки нервово-м'язова блокада нематод, але також і гальмується синтез сукцинілової кислоти. При цьому посилюється рух паразитів, а пізніше настає їх параліч та видалення з організму птиці разом з послідом. Кількість піперазинової основи в кожній солі, а отже, й кількість антигельмінтної активності, широко коливаються (наприклад, цитрат: 35 %, адипінат: 37 %, фосфат: 42 %, гексагідрат: 44 %, сульфат: 46 %, хлорид: 48 % та солі дигідрохлориду: від 50 % до 53 %) [75, 140, 141].

Піперазин (адипінат, фосфат, сульфат, гексагідрат) призначають гусям за наявності амідостомозу, гетеракозу, капіляріозу в дозі 1 г/кг маси тіла груповим методом з кормом у співвідношенні 1 : 10 у ранішню годівлю три дні поспіль.

Антигельмінтик піперазин (адипінат, сульфат, гексагідрат) за аскаридіозу гусей призначають у дозі 0,5–0,7 г/кг маси тіла груповим методом (з кормовою мішанкою) в ранішню годівлю. Піперазин у формі солей також призначають за наявності аскаридіозу в дозі 0,3 г/кг маси впродовж 2-х днів з питною водою індивідуально, ранком натщесерце. Для кращого поїдання лікувальної суміші за наявності нематодозів доцільно норму вечірньої годівлі гусей перед дегельмінтизацією зменшити на 40–50 % [114, 115, 122, 142].

Після дегельмінтизації у разі нематодозів у гусей їх не випускають на пасовище та водойми протягом трьох-п'яти днів і витримують у приміщеннях або на майданчику з твердим покриттям. Послід, що виділився за цей час назовні, підлягає прибиранню та біотермічному знезараженню (іноді спалюванню). Загін, у якому перебували гуси після дегельмінтизації, дезінвазують розчинами хімічних за-

собів: каустична сода (гідроксид натрій), гідроксид калію, броводез-20, кристал 800, кристал 1000, хлорид йоду, негашене і хлорне вапно та інші. Гусей переводять на нові вигули [143–146].

Профілактичні дегельмінтизації дорослих гусей проводять двічі на рік: восени – через місяць після закінчення випасного періоду і навесні – за місяць до відкладання яєць. Періодичні преімагінальні дегельмінтизації гусенят проводять через 1,5–2 тижні після переведення їх на пасовища чи водойми і кожні два тижні до 2–3-місячного віку. Щоб визначити благополуччя щодо збудників гельмінтозів доцільно періодично проводити гельмінтокопрологічне обстеження гусей (один раз на місяць), а при виявленні яєць нематод птиці призначають нематодоциди груповим методом [14, 18, 19].

До загальних профілактичних заходів за наявності нематодозів у гусей належать щоденне очищення приміщень і вигулів від посліду з подальшим його біотермічним знезараженням. Періодична дезінвазія (раз на тиждень) годівниць і напувалок окропом або іншими термічними методами та пташників гарячими 3%-им розчинами гідроокису натрію або хлориду йоду з розрахунку 1–2 л на 1 м² поверхні. Повноцінна годівля з годівниць і напування птиці водою з водопроводу або проточних водойм, 3–4-разова зміна вигулів. Важливу профілактичну роль у боротьбі з нематодозами водоплавної птиці відіграє ізолюване утримання й випасання молодняка від дорослих гусей на благополучних щодо незабруднених інвазійними яйцями нематод ділянках [51, 60, 114].

З профілактичною метою у стаціонарно неблагополучному щодо сингамозу та ціатостомозу господарстві птицю протягом кількох годин після дощу утримують у приміщеннях або на майданчиках з твердим покриттям, унаслідок чого запобігають поїданню птицею дощових черв'яків (резервуарних жителів паразита) [60, 138].

В умовах птахоферм, які практикують вигульне утримання птиці на ставках, недопущення водоплавної птиці протягом одного-двох років на неблагополучні водойми призводить до природного їх знезараження від стрептокаррозної та ехінурозної інвазії [138, 139].

На ставки й озера біля птахоферм та на пасовища гусей не можна допускати птицю приватного громадського сектора та диких водно-болотних птахів [14, 19, 27].

Акантоцефальози гусей та акантоцефалоцидні препарати, що застосовуються для лікувально-профілактичних дегельмінтизацій.

Акантоцефальози – гельмінтози, збудниками яких є представники класу скребликів, або колючоголових черв'яків. Скреблики роздільностатеві. Усі колючоголові – біогельмінти. Скреблики з родини Polymorphidae Meyer, 1931 (родів *Filicollis* Lühe, 1911, *Polymorphus* Lühe, 1911), що паразитують у водоплавної птиці – дефінітивні жителі, проміжними живителями є вищі ракоподібні (рачки-бокоплави, гамаруси, водяні ослики) [122, 123, 147].

Поліморфоз спричинює збудник – колючоголовий черв'як *Polymorphus boschadis* Schrank, 1788 (= *Echinorhynchus boschadis*, *Echinorhynchus anatis* Gmelin, 1791); *Polymorphus minutus* (Zeder, 1800) Lühe, 1911 (= *Echinorhynchus minutus*, *Echinorhynchus minutus*); *Polymorphus magnus* Skrjabin, 1913 (великий скреблик), що паразитують у тонкому кишечнику качок, гусей, лебедів та диких водно-болотних птахів. Збудники розвиваються за участі дефінітивних (птиця) і проміжних (рачків-бокоплавів, або гамарусів) жителів. Водоплавна птиця заражається поліморфозом у весняно-літній період на стоячих водоймах з прісною й солоною водою при поїданні бокоплавів або гамарусів, інвазованих личинками акантел (цистакант) скреблика. Поліморфоз найчастіше реєструють у приморських і поліських районах України. Інвазія досягає найбільшого поширення в липні. Значна скупченість молодняка на обмежених ділянках водойм, наявність інвазованих бокоплавів і недостатня вгодованість птиці можуть бути причиною ензоотичного спалаху поліморфозу на птахофермах. Восени інвазія зменшується, а взимку птиця, як правило, позбавлена скребликів. Яйця скребликів можуть перезимовувати у водоймах. У тілі бокоплавів личинки зберігають життєздатність до двох років. Дикі водоплавні птахи здатні інвазувати водойми поблизу ферм [110, 115, 123, 148].

Філікольоз спричинює збудник – колючоголовий черв'як *Filicollis anatis* (Schrank, 1788) Lühe, 1911 (= *Echinorhynchus anatis* Schrank, 1788; *Echinorhynchus filicollis* Rudolphi, 1809; *Echinoma filicollis* (Rudolphi, 1809) Porta, 1910) з родини Polymorphidae Meyer, 1931, що паразитує у відділі тонких кишок качок, гусей, лебедів та диких водно-болотних птахів. Проміжний живитель – водяний ослик. Водоплавна птиця заражається філікольозом на неглибоких озерах і тихих запрудах річок, на берегах яких ростуть листяні дерева, при заковтуванні водяних осликів, інвазованих личинками (акантелами) скреблика [149, 150].

Філікольоз нерідко реєструють на фермах і в особистих господарствах на Поліссі й у зоні Лісостепу. Ензоотичні спалахи філікольозу спостерігають переважно у другій половині літа та восени. Най-

частіше хворіє молодняк віком від одного до трьох місяців. З січня до початку випасного сезону водоплавна птиця, як правило, позбавлена скребликів. Яйця цього скреблика мають значну стійкість проти несприятливих факторів навколишнього середовища і здатні перезимовувати у водоймах. Самки філіколіса майже не піддаються дії антгельмінтиків через дуже міцну фіксацію до стінки кишечника птиці [19, 27, 51, 115].

Для дегельмінтизації гусей застосовують фенбендазол та фенасал груповим методом або індивідуально в дозах, рекомендованих за наявності акантоцефальозів [19].

Препарати фенбендазолу призначають водоплавній птиці перорально в дозі 20 мг/кг маси тіла з комбікормом (1 : 30) груповим методом п'ять днів поспіль під час вранішньої годівлі [58].

Фенасал згодовують водоплавній птиці з кормом у дозі 400 мг/кг маси тіла груповим методом одноразово [57, 58].

Після застосування одного з антгельмінтиків птицю не випускають на водні вигули протягом 3–5 днів. Послід, що виділився за цей час, щодня збирають і знищують (закопують) або знезаражують у послідоховищі. Водоплавну птицю батьківського стада піддають одноразовій профілактично-лікувальній дегельмінтизації восени (через 2–3 тижні після закінчення вигульного сезону). Сухопутне вирощування водоплавної птиці – головний профілактичний захід за наявності акантоцефальозів. Він дає змогу запобігти зараженню водоплавної птиці біогельмінтозами у спеціалізованих птахофермах [114, 115].

В умовах невеликих птахоферм, де птицю вирощують з використанням водойм, варто практикувати зміну водних вигулів через два роки. Під вигули птиці тут необхідно відводити проточні водойми, щороку в теплу пору проводити гельмінтологічну їх оцінку. Маточне поголів'я гусей і качок утримують на водоймах окремо від молодняка. Розсосередження утримання водоплавної птиці не більше як 200–300 голів на 1 га водного дзеркала. За відсутності птиці на неблагополучній водоймі протягом 1,5–2 років відбувається біологічне знезараження останньої від скребликів [19, 27, 115].

При виникненні в господарствах захворювання птицю переводять з неблагополучних водойм на сухі вигули й дегельмінтизують. Після дегельмінтизації послід збирають і вивозять для біотермічного знезараження. Через 10 днів після лікування 3–5 голів піддають розтину паразитологічному й у разі негативного результату дослідження птицю випускають на водойми, а в разі позитивного – дегельмінтизують. Для виявлення гельмінтоносійства потрібно регулярно проводити розтин паразитологічний м'язових шлунків та кишечника водоплавної птиці, яка перебуває на водоймах, а також періодично досліджувати проміжних хазяїв (рачків-бокоплавів, водяного ослика та гамарусів) на ураженість їх личинками скребликів. Профілактичний захід – охорона водойм від гніздування диких водноболотних птахів, які можуть бути джерелом зараження свійських птахів [19, 115, 123].

Висновки

У статті розглянуто сучасний стан щодо гельмінтозних захворювань домашніх гусей (*Anser anser domesticus* & *Anser cygnoides domesticus*, Linnaeus, 1758). Розкрито основні аспекти біології та епізоотології ендопаразитів гусей (збудників трематодозів, цестодозів, нематодозів та акантоцефальозів). Також представлено інформацію щодо проведення лікувально-профілактичних заходів з використанням хіміотерапевтичних препаратів. Розкрито сучасний стан галузі гусівництва з погляду ветеринарної паразитології та проведено моніторинг наявних антигельмінтичних препаратів.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні лікувальної ефективності сучасних антигельмінтичних засобів за даними наукової літератури, а також з'ясуванні, чи всі з представлених на ринку ветеринарних препаратів-антгельмінтиків зареєстровані на території України в «Державному науково-дослідному контрольному інституті ветеринарних препаратів та кормових добавок».

References

1. Yevstafyeva, V. A., & Yeresko, V. I. (2018). Associative course of capillariasis geese in the Poltava region. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (83), 73–76. doi: 10.15421/nvlvet8314.
2. Gicik, Y., & Arslan, M. O. (2003). The Prevalence of Helminths in the Alimentary Tract of Geese (*Anser anser domesticus*) in Kras District, Turkey. *Veterinary Research Communications*, 27, 391–395. doi: 10.1023/A:1024710221179.
3. Evstafeva, V. A., Melnichuk, V. V., Eresko, V. I., Lukyanova, G. A., & Gurenko, I. A. (2018). Osobennosti vidovogo sostava i harakter raspredeleniya gelmintov v populyacii domashnego gusya (*Anser anser dom.*). *Veterinariya*, 10, 34–39 [In Russian].

4. Ivko, I. I., Rjabinina, O. V., & Mel'nyk, O. V. (2010). Shljahy pidvyshhennja efektyvnosti vitchyznjanogo gusivnyctva. *Efektyvne Ptahivnyctvo*, 11 (71), 33–40 [In Ukrainian].
5. Shevcov, A. A. (1967). Opyt ozdorovlenija pticy ot gel'mintozov. *Veterinarija*, 5, 81–82 [In Russian].
6. Raza, A., Muhammad, F., Bashir, S., & Aslam, B. (2016). In-vitro and in-vivo anthelmintic potential of different medicinal plants against *Ascaridia galli* infection in poultry birds. *World's Poultry Science Journal*, 72 (1), 115–124. doi: 10.1017/S0043933915002615.
7. Pena-Espinoza, M. (2018). Drug resistance in parasitic helminths of veterinary importance in Chile: Status review and research needs. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 50 (2), 65–76. doi: 10.4067/S0719-81322018000200065.
8. Wood, I. B., Amaral, N. K., Bairden, K., Duncan, J. L., Kassai, T., Malone, J. B., Pankavich, J. A., Reinecke, R. K., Slocombe, O., Taylor, S. M., & Vercruysse, J. (1995). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). *Veterinary Parasitology*, 58 (3), 181–213. doi: 10.1016/0304-4017(95)00806-2.
9. Abbas, G., Rehman, M. Z. U., Ali, A., Fiaz, M., & Mahfooz, A. (2016). Effect of Use of Different Anthelmintics (Piperazine Citrate and Ivermectine) on Blood Profile of Infested Poultry (Commercial and Rural Layers). *Advances in Zoology and Botany*, 4 (1), 1–5. doi: 10.13189/azb.2016.040101.
10. Pena-Espinoza, M. (2018). Drug resistance in parasitic helminths of veterinary importance in Chile: Status review and research needs. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 50 (2), 65–76. doi: 10.4067/S0719-81322018000200065.
11. Taylor, S. M., Kenny, J., Houston, A., & Hewitt, S. A. (1993). Efficacy, pharmacokinetics and effects on egg-laying and hatchability of two dose rates of infeed fenbendazole for the treatment of *Capillaria* species infections in chickens. *Veterinary Record*, 133 (21), 519–521. doi: 10.1136/vr.133.21.519.
12. Marshalkina, T. V., Zaikin, H. V., & Kryv, H. O. (2013). Epizootologichniy monitorynh helmintoznykh ta protozoynykh khvorob sviiskoi ptytsi u promyslovykh, fermerskykh ta prysadybnykh hospodarstvakh stepovoi zony Ukrainy. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 5, 157–161 [In Ukrainian].
13. Marshalkina, T. V., Bila, N. V., & Yashchuk, O. V. (2015). Rozrobka kompleksnoho likuvannia kurei vid endoparazytoziv zmishanoi etiologii. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 9, 147–150 [In Ukrainian].
14. Kovalenko, I. K., Sikachina, V. K., & Kalchenko, A. A. (1974). Nekotorye osobennosti epizootologii, profilaktiki i lecheniya gel'mintozov v specializirovannykh pticevodcheskikh hozyajstvakh stepnoj zony Ukrainy. *Trudy VIGIS*, 21, 129–131 [In Russian].
15. Berezovsky, A. V., & Halat, V. F. (2004). Rozrobka ta vprovadzhennia uvyrobnystvo protyparazytarnykh preparativ. *Veterynarna Medytsyna. Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 83, 83–88 [In Ukrainian].
16. Berezovsky, A. V., & Halat, V. F. (2003). Suchasni protyparazytarni likarski zasoby. *Veterynarna Medytsyna. Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 82, 90–92 [In Ukrainian].
17. Marshalkina, T. V. (2014). Osoblyvosti likuvannia miksinvazii kurei v umovakh vyrobnystva. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1 (1), 131–135 [In Ukrainian].
18. Eliseeva, E. (2003). Effektivnye sredstva profilaktiki parazytozov. *Pticevodstvo*, 7, 46–51 [In Russian].
19. Dakhno, I. S. & Dakhno, H. P. (2000). Ozdorovchi zakhody pry helmintozakh husei. *Prohresyvni tekhnologii veterynarnoi medytsyny u promyslovomu ptakhivnyctvi XXI storichchia: zb. mater. mizhnarod. nauk.-praktych. konf.* Kyiv [In Ukrainian].
20. Pryhodin, A. V. (2002). Borotba z helmintozamy tvaryn i ptytsi: ekonomichni ta terapevtychni aspekty. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 4, 36–37 [In Ukrainian].
21. Pavlenko, S. V., Temnyi, M. V., & Lutsenko, L. I. (2008). Rol pryrodnoho y antropohennoho faktoriv u poshyrenni helmintoziv vodoplavnoyi ptytsi. *Veterynarna Medytsyna. Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 91, 355–356 [In Ukrainian].
22. Akbaev, R. M. (2015). Parazytarnye bolezni gusej v usloviyah malykh fermerskikh hozyajstv na territorii Karachaevo-Cherkesskoj respubliky. *Rossijskij Veterinarnyj Zhurnal*, 3, 34–35 [In Russian].
23. Kotsiumbas, I. Ia., Serhienko, O. I., & Kovalchuk, L. M. (2011). Suchasni pidkhody do stvorennia ta zastosuvannia protyparazytarnykh preparativ. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 11, 14–17 [In Ukrainian].
24. Bessonov, A. S. (2003). Rezystentnost k parazytotsydam: sistema yntehrovannoho upravleniya razvytyem parazytov. *Veterynariya*, 2, 29–32 [In Russian].

25. Kotsiumbas, I. Ia. (Ed.). (2013). *Klinichni doslidzhennia veterynarnykh preparativ ta kormovykh dobavok*. Lviv: TOV «Vydavnychi dim «SAM» [In Ukrainian].
26. Stefanova, V. O., Malceva, V. I., & Efimcevoj, T. K. (Eds.). (2001). *Rukovodstvo po klinicheskim ispytaniyam lekarstvennykh veshchestv*. Kiev: Avicenna [In Russian].
27. Bohach, M. V., Berezovskyi, A. V., & Taranenko, I. L. (2007). *Invaziini khvoroby sviiskoi ptytsi : navch. posibnyk*. Kyiv: Vetinform [In Ukrainian].
28. Fried, B., Mueller, T. J., & Frazer, B. A. (1997). Observations on *Echinostoma revolutum* and *Echinostoma trivolvis* in single and concurrent infections in domestic chicks. *International Journal for Parasitology*, 27 (11), 1319–1322. doi: 10.1016/s0020-7519(97)00100-8.
29. Kanev, I. (1994). Life-cycle, delimitation and redescription of *Echinostoma revolutum* (Froelich, 1802) (Trematoda: Echinostomatidae). *Systematic Parasitology*, 28 (2), 125–144. doi: 10.1007/bf00009591.
30. Toledo, R., & Fried, B. (2014). Helminth-Trematode: *Echinostoma*. *Encyclopedia of Food Safety*, 134–139. doi: 10.1016/b978-0-12-378612-8.00153-0.
31. Fried, B., & Gainsburg, D. M. (1980). Concurrent Infections of Cecal Trematodes, *Zygocotyle lunata*, and *Notocotylus* sp., in the Domestic Chick and Observations on Host-Parasite Relationships of *Notocotylus* sp. *The Journal of Parasitology*, 66(3), 502. doi: 10.2307/3280755.
32. Stunkard, H. W. (1966). The morphology and life-history of *Notocotylus atlanticus* n. sp., a digenetic Trematode of eider ducks, *Somateria mollissima*, and the designation *Notocotylus duboisi* nom. Nov., for *Notocotylus imbricatus* (Looss, 1893) Szidat, 1935. *The Biological Bulletin*, 131 (3), 501–515. doi: 10.2307/1539989.
33. Beaver, P. C. (1937). *Experimental studies on Echinostoma revolutum (Froelich) a fluke from birds and mammals*. doi: 10.5962/bhl.title.50283.
34. Mehlhorn, H. (2016). *Echinostoma revolutum*. *Encyclopedia of Parasitology*, 1–3. doi: 10.1007/978-3-642-27769-6_988-2.
35. Sohn, W. M. (1998). Life history of *Echinoparyphium recurvatum* (Trematoda: Echinostomatidae) in Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, 36 (2), 91. doi: 10.3347/kjp.1998.36.2.91.
36. Morley, N. J., Crane, M., & Lewis, J. W. (2004). Influence of cadmium exposure on the incidence of first intermediate host encystment by *Echinoparyphium recurvatum* cercariae in *Lymnaea peregra*. *Journal of Helminthology*, 78 (4), 329–332. doi: 10.1079/joh.2004.267.
37. McCarthy, A. M. (1999). The influence of temperature on the survival and infectivity of the cercariae of *Echinoparyphium recurvatum* (Digenea: Echinostomatidae). *Parasitology*, 118 (4), 383–388. doi: 10.1017/s003118209900400x.
38. Toledo, R., Muñoz-Antolí, C., Pérez, M., & Esteban, J.-G. (1999). Miracidial infectivity of *Hypoderaeum conoideum* (Trematoda: Echinostomatidae): differential susceptibility of two lymnaeid species. *Parasitology Research*, 85 (3), 212–215. doi: 10.1007/s004360050537.
39. Bykhovskaja-Pavlovskaja, I. (1966). The ecological analysis of the fluke fauna of birds in the USSR. *Proceedings of the First International Congress of Parasitology*, 9–10. doi: 10.1016/b978-1-4832-2913-3.50014-9.
40. Smogorževskaâ, L. A. (1976). *Gel'minty vodoplavaûsîh i bolotnyh ptic fauny Ukrainy*. Kiev: Naukova Dumka [In Russian].
41. Kirilenko, N. A., & Kelembet, N. O. (2011). Review of researches of birds helminthofauna of the Ukrainian wetlands. *Vîstnik ONU*, 16, 79–87 [In Ukrainian].
42. Syrota, Ya. Yu., & Kharchenko V. O. (2015). Analysis of study comprehensiveness for nematode fauna of hydrophilic birds in Ukrainian Polissya. *Annals of Parasitology*, 61 (3), 165–174. doi: 10.17420/ap6103.03.
43. Syrota, Y. Y., Kuzmin, Y. I., Lyaskivskiy, V. N., Kobylinsky, V. V., & Vasylykivska, I. B. (2016). First Record of *Dicheilonema Ciconiae* (Nematoda, Diplostriaenoidea) From *Ciconia Nigra* (Aves, Ciconiidae) in Ukraine. *Vestnik Zoologii*, 50 (4), 379–382. doi: 10.1515/vzoo-2016-0044.
44. Seyidbeyli, M. I. & Maharramov, S. H. (2019). Helminth fauna of domestic waterfowl (goose – *Anser anser* dom. and duck – *Anas platyrhynchos* dom.) of Nakhchivan AR. *The Journal of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series "Biology""*, 31 (31), 107–112. doi: 10.26565/2075-5457-2018-31-10.
45. Syrota, Ya. Yu., Greben, O. B., Poluda, A. M., Maleha, O. M., Lisitsyna, O. I., & Korniyushin, V. V. (2018). Helminths of the Mallard, *Anas platyrhynchos* (Aves, Anatidae), in Ukraine: analysis of the diversity in Mixed forest zone and the Black Sea region. *Vestnik Zoologii*, 52, 267–278. doi: 10.2478/vzoo-2018-0028.

46. Kostadinova, A. (n.d.). Family Echinostomatidae Looss, 1899. *Keys to the Trematoda: Volume 2*, 9–64. doi: 10.1079/9780851995878.0009.
47. Huffman, J., & Fried, B. (2012). The biology of Echinoparyphium (Trematoda, Echinostomatidae). *Acta Parasitologica*, 57 (3). doi: 10.2478/s11686-012-0042-5.
48. Knunyanca, I. L. (Ed.). (1961–1967). *Kratkaya himicheskaya enciklopediya: tom 5*. Moskva: Sovetskaya enciklopediya [In Russian].
49. Karnauhov, V. K. & Strojskaya, T. F. (1973). Opyt primeneniya fenasala pri lechenii bolnyh gimenolepidozom. *Medicinskaya Parazitologiya*, 42 (5), 573 [In Russian].
50. Limova, Y., Sadov, K., Kanatbaev, S., & Arhipov, I. (2017). Anthelmintic efficacy of Phenasalum based on supramolecular drug delivery systems (DDS) at monieziasis in cattle. *Rossiiskij Parazitologicheskij Zhurnal*, 3 (2), 223–227. doi: 10.12737/20066.
51. Abuladze, K.I. (Ed.). (1990). *Parazitologiya i invazionnye bolezni selskohozyajstvennyh zhivotnyh: 3-e izd., pererab. i dop.* Moskva: Agropromizdat 573 [In Russian].
52. Dunn, A. M. (1978) *Veterinary Helmentology: 2nd Edition*. London: Bulter and Tanner Ltd.
53. Harder, A. (2009). Anthelmintics. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. doi: 10.1002/14356007.a02_329.pub2.
54. Keiser, J. (2012). *Praziquantel, praziquantel plus mefloquine and praziquantel plus mefloquine-artesunate in the treatment of schistosomiasis*. [Http://isrctn.org/](http://isrctn.org/)>. doi: 10.1186/isrctn00393859.
55. Praziquantel. (n.d.). *Encyclopedia of Parasitology*, 1191–1191. doi: 10.1007/978-3-540-48996-2_2508.
56. Baeder, C., Bähr, H., Christ, O., Düwel, D., Kellner, H.-M., Kirsch, R., Loewe, H., Schultes, E., Schütz, E., & Westen, H. (1974). Fenbendazole: A new, highly effective anthelmintic. *Experientia*, 30 (7), 753–754. doi: 10.1007/bf01924165.
57. Arhipov, I. A. (2009). *Antigelmintiki: farmakologiya i primenenie*. Moskva [In Russian].
58. Mehlhorn, H. (2016). *Animal Parasites*. doi: 10.1007/978-3-319-46403-9.
59. Raeymaekers, A. H. M., Van Gelder, J. L. H., Roevens, L. F. C., & Janssen, P. A. J. (1978). ChemInform Abstract: synthesis and anthelmintic activity of alkyl-(5-acyl-1h-benzimidazol-2-yl)carbamates. *Chemischer Informationsdienst*, 9 (31). doi: 10.1002/chin.197831214.
60. Taylor, M. A., Coop, R. L., & Wall, R. L. (Eds.). (2015). *Veterinary Parasitology*. doi: 10.1002/9781119073680.
61. Veterinary Helminthology. (2015). *Veterinary Parasitology*, 1–109. doi: 10.1002/9781119073680.ch1.
62. Mehlhorn, H. (2016). *Hymenolepis lanceolata* (syn. *Drepanitotaenia*). *Encyclopedia of Parasitology*, 1310–1310. doi: 10.1007/978-3-662-43978-4_3955.
63. Melville, R. V. (1985). *Hymenolepis Weinland*, 1858 (Cestoda): Proposed Designation Of Type Species. Z.n.(S.) 1156. *The Bulletin of Zoological Nomenclature*, 42, 72–73. doi: 10.5962/bhl.part.866.
64. Fuhrmann, O. (1924). *Hymenolepis macracanthos* (v. Linstow) Considerations sur le Genre Hymenolepis. *The Journal of Parasitology*, 11 (1), 33. doi: 10.2307/3271128.
65. Spasskaya, L. P. (1966). *Cestody ptic SSSR. Gimenolepididy*. Moskva: Nauka [In Russian].
66. De Jong, N. (1975). Helminths From the Mallard (*Anas platyrhynchos*) in the Netherlands. *Netherlands Journal of Zoology*, 26 (2), 306–318. doi: 10.1163/002829676x00046.
67. Maksimova, A. P. (1989). *Cestody – gimenolepididy vodnyh ptic Kazahstana*. AlmaAta: Nauka KazSSR [In Russian].
68. Skryabin, K. I., & Matevosyan, E.M. (1945). *Lentochnye gelminty – gimenolepididy – domashnih i ohotniche-promyslovyh ptic*. Moskva: Selhozgiz [In Russian].
69. Thomas, H., & Gönner, R. (1977). The efficacy of praziquantel against cestodes in animals. *Zeitschrift For Parasitenkunde*, 52 (2), 117–127. doi: 10.1007/bf00389898.
70. Andrews, P., Thomas, H., Pohlke, R., & Seubert, Jür. (1983). Praziquantel. *Medicinal Research Reviews*, 3 (2), 147–200. doi: 10.1002/med.2610030204.
71. Arundel, J. H., Boersema, J. H., Bruyning, C. F. A, Cross, H. & Davis, A. (1985). *Chemotherapy of gastrointestinal helminths*. Berlin: Springer Science & Business Media.
72. Frayha, G. J., Smyth, J. D., Gobert, J. G., & Savel, J. (1997). The mechanisms of action of antiprotozoal and anthelmintic drugs in man. *General Pharmacology: The Vascular System*, 28 (2), 273–299. doi: 10.1016/s0306-3623(96)00149-8.
73. Reinemeyer, C. R., & Courtney, C. H. (2001). Anticestodal and antitrepatodal drugs. In Adams H.R.,

(Ed.), *Veterinary pharmacology and therapeutics*, ed 8 (p. 980). Ames, Iowa: Iowa State University Press.

74. Derkach, I. M., & Lemeshko, O. V. (2014). Porivnialna kharakterystyka asortymentu suchasnykh antyhelmintnykh zasobiv ukrainskoho vyrobnytstva (na prykladi PPAT «VNP «Ukrzoovetprompostach», TOV «Brovafarma», TOV «Ukrvetprompostach»). *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: Veterynarna Medytsyna, Yakist I Bezpeka Produktii Tvarynnystva*, 201 (1), 60–64 [In Ukrainian].

75. Halat, V. F., Dovhii, Yu. Yu., & Dovhii, M. Yu. (2016). Efektyvnist Brovanolu D pry kyshkovykh helmintozakh u sviiskykh ptakhiv. *Problemy zaraznoi ta nezaraznoi patolohii tvaryyn: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, prysviachenoj 10-richchiu kafedry parazytolohii, veterynarno-sanitarnoi ekspertyzy ta zoohihiieny*. Zhytomyr [In Ukrainian].

76. Theodorides, V. J., Gyurik, R. J., Kingsbury, W. D., & Parish, R. C. (1976). Anthelmintic activity of albendazole against liver flukes, tapeworms, lung and gastrointestinal roundworms. *Experientia*, 32 (6), 702–703. doi: 10.1007/bf01919842.

77. Mykhailiutenko, S. M. (2013). Epizootychna sytuatsiia shchodo helmintoziv husei u hospodarstvakh Poltavskoi oblasti. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 183–185. doi: 10.31210/visnyk2013.01.45 [In Ukrainian].

78. Yevstafieva, V. A., & Yeresko, V. I. (2018). Asotsiatyvnyi perebih kapilariozu husei na terytorii Poltavskoi oblasti. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (83), 73–76. doi:10.15421/nvlvet8314 [In Ukrainian].

79. Yevstafieva, V. O., & Mykhailiutenko, S. M. (2011). Poshyrennia kyshkovykh nematodoziv husei u hospodarstvakh Poltavskoi oblasti. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 91–93 [In Ukrainian].

80. Bereznyi, D. V. (1998). Helmintotsenozy dykykh vodoplavaiuchykh ptakhiv Derzhavnoho Biosferneho zapovidnyka. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 9, 15 [In Ukrainian].

81. Gurler, A. T., Beyhan, Y. E., Acici, M., Soner Bolukbas, C., & Umur, S. (2010). Helminths of Mammals and Birds at the Samsun Zoological Garden, Turkey. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 41 (2), 218–223. doi: 10.1638/2009-0070r1.1

82. Yevstafieva, V. A., Yeresko, V. I., Pishchalenko, M. A., & Nagorna, L. V. (2018). Differential species characters of *Baruscapillaria anseris* and *B. obsignata* nematodes obtained from the domestic goose. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (4), 578–583. doi: 10.15421/021886.

83. Yevstafieva, V. A., & Yeresko, V. I. (2018). Associative course of capillariasis geese in the Poltava region. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (83), 73–76. doi: 10.15421/nvlvet8314.

84. Moravec, F., Prokopic, J., & Shlikas, A. V. (1987). The biology of nematodes of the family Capillariidae Neveu-Lemaire, 1936. *Folia Parasitologica*, 34, 39–56.

85. Stapf, A. N., Kavetska, K. M., Ptak, P. P., & Rząd, I. (2013). Morphometrical and ecological analysis of nematodes of the family Capillariidae (Neveu-Lemaire, 1936) in wild ducks (Anatinae) from the north-western Poland. *Annals of Parasitology*, 59 (4), 195–201.

86. Schwartz, B. (1925). Parasitic Nematodes from Tonkin, Indo-China, including a new species of *Ascaridia*. *Proceedings of the United States National Museum*, 66, 1–9.

87. Marshalkina, T. V., Zaikina, H. V., & Kovalenko, I. I. (2010). Monitorynh invaziinykh khvorob sviiskoi ptytsi v hospodarstvakh Stepovoi zony Ukrainy. *Veterynarna Medytsyna. Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 93, 271–275 [In Ukrainian].

88. Yevstafieva, V. A., Melnychuk, V. V., Nikiforova, O. V., Suprunenko, K. V., Korchan, L. N., Lokes-Krupka, T. P., Nehrebetskyi, I. S. & Korchan, N. I. (2018). Comparative morphology and biology of nematodes of genus *Heterakis* (Nematoda, Heterakidae), parasites of the domestic goose (*Anser anser*) in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 229–236. doi: 10.15421/021834.

89. Stybel, V. V., & Prijma, O. B. (2019). Morphometric characteristics of embryonic development *Heterakis dispar* isolated from geese. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21 (96), 198–201. doi: 10.32718/nvlvet9634.

90. Madsen, H. (1949). *Heterakis gallinarum* (Schränk, 1788) nec *Heterakis gallinae* (Gmelin, 1790). *The Journal of Parasitology*, 35 (5), 543. doi: 10.2307/3273660.

91. Yevstafieva, V. A., Stybel, V. V., Melnychuk, V. V., Prijma, O. B., Yatsenko, I. V., Antipov, A. A., Bakhur, T. I., Goncharenko, V. P., Pidborska, R. V., Shahanenko, V. S. & Dzhamil, V. I. (2019).

- Morphological and Biological Characteristics of *Amidostomum Anseris* (Nematoda, Amidostomatidae) from *Anser anser domesticus*. *Vestnik Zoologii*, 53 (1), 65–74. doi: 10.2478/vzoo-2019-0007.
92. Enigk, K., & Dey-Hazra, A. (1968). Die perkutane Infektion bei *Amidostomum anseris* (Strongyloidea, Nematoda). *Zeitschrift For Parasitenkunde*, 31 (2). doi: 10.1007/bf00259541.
93. Oliver, W. T. (1952). Amidostomiasis in Domestic Geese. *Can J Comp Med Vet Sci.*, 16 (6), 235–237.
94. Borgsteede, F., Kavetska, K., & Zoun, P. (2006). Species of the nematode genus *Amidostomum* Railliet and Henry, 1909 in aquatic birds in the Netherlands. *Helminthologia*, 43 (2), 98–102. doi: 10.2478/s11687-006-0019-8.
95. Hudson, P. J., & Dobson, A. P. (1989). Population biology of *Trichostrongylus tenuis*, a parasite of economic importance for red grouse management. *Parasitology Today*, 5 (9), 283–291. doi: 10.1016/0169-4758(89)90019-7.
96. Wilson, G. R. (1983). The prevalence of caecal threadworms (*Trichostrongylus tenuis*) in red grouse (*Lagopus lagopus scoticus*). *Oecologia*, 58 (2), 265–268. doi: 10.1007/bf00399229
97. Starodub, Ye. S. (2019). Poshyrennia trykhostronhilozu husei u hospodarstvakh Poltavskoho raionu. *Aktualni aspekty biologii tvaryn, veterynarnoi medytsyny ta veterynarno-sanitarnoi ekspertyzy: materialy IV Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii vykladachiv i studentiv*. Dnipro [In Ukrainian].
98. Gibbons, L. M., & Khalil, L. F. (1982). A key for the identification of genera of the nematode family Trichostrongylidae Leiper, 1912. *Journal of Helminthology*, 56 (3), 185–233. doi: 10.1017/s0022149x00034581.
99. Fernando, M. A., Stockdale, P. H. G., & Ogungbade, S. G. (1973). Pathogenesis of the Lesions Caused by *Cyathostoma bronchialis* in the Respiratory Tract of Geese. *The Journal of Parasitology*, 59 (6), 980. doi: 10.2307/3278629.
100. Fernando, M. A., Hoover, I. J., & Ogungbade, S. G. (1973). The Migration and Development of *Cyathostoma bronchialis* in Geese. *The Journal of Parasitology*, 59 (5), 759. doi: 10.2307/3278400.
101. *Cyathostoma cf. bronchialis* BC-2018 in National Center for Biotechnology Information (NCBI). *NCBI Taxonomy*. Retrived from: <https://www.gbif.org/ru/species/156692094>.
102. Korolenko, L. S., Marshalkina, T. V. & Zaikina, H. V. (2014). Suchasnyi stan shchodo endoparazytarnykh zakhvoriuvan sviiskoi pytsi u hospodarstvakh stepovoi zony Ukrainy. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 3 (217), 21–22 [In Ukrainian].
103. Shihobalova, N. P., & Ryzhikov, K. M. (1956). Biologiya *Syngamus (Syngamus) skrjabinomorpha* Ryjnikov, 1948. *Trudy Gemintologicheskoy Laboratorii AN SSSR*, 8, 267–278 [In Russian].
104. Smogorzhevskaya, L. A. (1976). *Gelminty vodoplavayushih i bolotnyh ptic fauny Ukrainy*. Kiev: Naukova dumka [In Russian].
105. Boughton, E. (1969). On the Occurrence of Oesophageal Worms, *Streptocara crassicauda*, in Ornamental Ducks in Hampshire. *Journal of Helminthology*, 43 (3–4), 273–280. doi: 10.1017/s0022149x00004818.
106. Sugimoto, M. (1927). On the nematode parasite (*Streptocara crassicauda*) in the Gizzard of formosan domestic duck. *Journal of The Japanese Society of Veterinary Science*, 6 (4), 380–386_1. doi: 10.1292/jvms1922.6.380.
107. Kvach, Yu. (2004). Fauna helmyntiv bychkovykh ryb (Gobiidae) Tylyhulskoho lymanu Chornoho moria. *Visnyk Lvivskoho Universitetu. Biologhiia*, 37, 144–148 [In Ukrainian].
108. Kvach, Y. (2002). Helminthes of goby fish of the Hryhoryivsky Estuary (Black Sea, Ukraine). *Vestn. Zool.*, 36, 3, 71–76.
109. Bohach, M. V. (2010). Pryrodno-vohnyshchevi helmintozy vodoplavnoi pytsi v hospodarstvakh Odeskoi oblasti *Veterynarna Medytsyna*, 94, 268–269 [In Ukrainian].
110. Bogach, M. V. & Shajdyuk, I. V. (2012). Ochagovye gelmintozy gusej i utok v hozyajstvakh Odesskoj oblasti. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya Gosudarstvennaya Akademiya Veterinarnej Medicyny*, 48 (1), 161–163 [In Russian].
111. Carreno, R. A. (2009). Dispharynx, Echinuria, and Streptocara. *Parasitic Diseases of Wild Birds*, 326–342. doi: 10.1002/9780813804620.ch18.
112. Clark, W. C. (1979). *Echinuria australis*.sp. and *E. uncinata*(Nematoda: Spirurida), parasites of ducks in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 6 (1), 7–12. doi: 10.1080/03014223.1979.10428343.
113. Raeymaekers, A. H. M., Allewijn, F. T. N., Vandenberk, J., Demoen, P. J. A., Van Offenwert,

- T. T. T., & Janssen, P. A. J. (1966). Novel Broad-Spectrum Anthelmintics. Tetramisole and Related Derivatives of 6-Arylimidazo[2,1-b]thiazole. *Journal of Medicinal Chemistry*, 9 (4), 545–551. doi: 10.1021/jm00322a023.
114. Lutfullin, M. H., Lutfullina, N. A., & Gasanov, A. S. (2017). *Protivoparazitarnye preparaty novogo pokoleniya: monografiya*. Kazan [In Russian].
115. Knyazev, V. P. (2010). *Bolezni vodoplavayushih ptic: monografiya*. Vladimir-Pokrov [In Russian].
116. Mykhailiutenko, S. M. (2014). Efektyvnist antyhelmintykiv za amidostomozno-hanhuleterakoznoi invazii husei. *Naukovi Pratsi PDAA: Veterynarna Medytsyna*, 7, 57–61 [In Ukrainian].
117. Van den Bossche, H., & Janssen, P. A. J. (1967). The biochemical mechanism of action of the anthelmintic drug tetramisole. *Life Sciences*, 6(16), 1781–1792. doi: 10.1016/0024-3205(67)90150-6.
118. Lanusse, C. E., Alvarez, L. S., Sallovitz, J. M., Mottier, M. L., & Bruni, S. F. S. (2009). Antinematodal drugs. In: Riviere, J. E., Papich, M. G. (Eds.), *Veterinary pharmacology and therapeutics*. (pp. 1053–1080). Ames, Iowa, USA.
119. Rock, D. W., DeLay, R. L., & Gliddon, M. J. (n.d.). Chemistry, pharmacology and safety of the macrocyclic lactones: moxidectin. *Macrocyclic Lactones in Antiparasitic Therapy*, 75–96. doi: 10.1079/9780851996172.0075.
120. Shoop, W., & Soll, M. (n.d.). Chemistry, pharmacology and safety of the macrocyclic lactones: ivermectin, abamectin and eprinomectin. *Macrocyclic Lactones in Antiparasitic Therapy*, 1–29. doi: 10.1079/9780851996172.0001.
121. Volkov, F. A., Apalkin, V. A., & Volkov, K. F. (1995). *Makrociklicheskie laktony v veterinarii: avermekt, dektomaks, duotin, ivomek, cidektin, ekvalan i drugie preparaty*. Novosibirsk [In Russian].
122. Halat, V. F., Yevstafieva, V. O., Mykhailiutenko, S. M., & Halat, M. V. (2015). *Nematodozy husei: monohrafiia*. Poltava: TOV NVP «Ukrpromtorhservis» [In Ukrainian].
123. Halat, V. F., Berezovskyi, A. V., Soroka, N. M., Prus, M. P., Yevstafieva, V. O., & Halat, M. V. (2014). *Hlobalna parazytolohiia: pidruchnyk*. Kyiv: DIA [In Ukrainian].
124. The Pharmacological Basis of Therapeutics. (1971). *Annals of Internal Medicine*, 74 (1), 149. doi: 10.7326/0003-4819-74-1-149_1.
125. Marshalkina, T. V., Bila, N. V., & Yashchuk, O. V. (2015). Rozrobka kompleksnoho likuvannia kurei vid endoparazytoziv zmishanoi etiologii. *Biuleten Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 9, 147–150 [In Ukrainian].
126. Brovofarma ®, reklamne vydannia (2003). *Preparaty dlia veterynarnoi medytsyny [5-te vyd]*. Kyiv: Vetinform [In Ukrainian].
127. Bohach, M. V. (2000). Zastosuvannia brovadozolu dlia dehelmintyzatsii indyviv pry zmishanii askarydiozno-heterakidoznoi invazii. *Naukovyi Visnyk Lvivskoi Derzhavnoi Akademii Veterynarnoi Medytsyny Imeni S.Z. Hzhyskoho*, 2 (2), 17–19 [In Ukrainian].
128. Thomas, H. (1979). Ovacid activity of febantel. *New Zealand Veterinary Journal*, 27 (12), 273–275. doi: 10.1080/00480169.1979.34670.
129. Wollweber, H., Kolling, H., & Widdig, H. (1978). Febantel, a new broadspectrum anthelmintic. *Arzneim. Forsch.*, 28, 2193–2195.
130. Marsboom, R. (1973). Toxicologic studies on mebendazole. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 24 (3), 371–377. doi: 10.1016/0041-008x(73)90043-4.
131. Brugmans, J. P. (1971). Mebendazole in enterobiasis. Radiochemical and pilot clinical study in 1,278 subjects. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 217 (3), 313–316. doi: 10.1001/jama.217.3.313.
132. Keiser, J. (2013). Albendazole-oxantel, albendazole-ivermectin, albendazole-mebendazole, and mebendazole in the treatment of whipworm infections. <http://isrctn.org/>. doi: 10.1186/isrctn80245406.
133. Lachau-Durand, S., Lammens, L., van der Leede, B., Van Gompel, J., Bailey, G., Engelen, M., & Lampo, A. (2019). Preclinical toxicity and pharmacokinetics of a new orally bioavailable flubendazole formulation and the impact for clinical trials and risk/benefit to patients. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13 (1), e0007026. doi: 10.1371/journal.pntd.0007026.
134. Gupta, R. N. (2019). *CRC Handbook of Chromatography: Drugs*. doi:10.1201/9780429487408.
135. Boersema, J. H. (1985). *Chemotherapy of Gastrointestinal Nematodiasis in Birds. Handbook of Experimental Pharmacology*, 505–519. doi: 10.1007/978-3-642-69527-8_10.
136. Lück, E. (1986). Thiabendazol. *Chemische Lebensmittelkonservierung*, 195–197. doi: 10.1007/978-3-642-96924-9_34.

137. Czysz, W. (1965). Zur Bestimmung von Thiabendazol [2-(4'-Thiazolyl)-benzimidazol]. *Fresenius' Zeitschrift Für Analytische Chemie*, 211 (6), 445–445. doi: 10.1007/bf00519244.
138. Ostapenko, V. A., & Bessarabov B. F. (2014). *Vodoplavayushie pticy v prirode, zooparkah i na fermah: klassifikaciya, biologiya, metody soderzhaniya, bolezni, ih profilaktika i lechenie*. Moskva: ZooVetKniga [In Russian].
139. Mullayarova, I. R. (2011). Lechebnye meropriyatiya pri smeshannoј invazii gusej. *Teoriya i Praktika Parazitarnyh Boleznj Zhivotnyh*, 12, 325–327 [In Russian].
140. Courtney, C. H., & Roberson, E. L. (1995). Chemotherapy of parasitic disease. Antinematodal drugs. In: Adams, H. R. (Ed.) *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 7th ed. (pp. 916–922.). Iowa State University Press, Ames.
141. Rossmann, B. (1963). Piperazin. *Fresenius' Zeitschrift Für Analytische Chemie*, 196 (2), 139–140. doi:10.1007/bf00483129.
142. Yevstafieva, V. O., & Yeresko, V. I. (2019). Therapeutic effectiveness of modern antihelminthic drugs for geese capillariasis. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21 (93), 41–45. doi: 10.32718/nvlvet9308.
143. Yeresko, V. I. (2018). Dezinvaziini vlastyvoli khimichnoho zasobu "Dezsan" vidnosno invaziinykh yaiets zbudnykiv kapilariozu husei. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya : Veterynarna Medytsyna*, 1, 158–161 [In Ukrainian].
144. Yevstafieva, V. O., & Natiahla, I. V. (2017). Vyvchennia dezinvaziinykh vlastyvostei zasobiv dezinfeksii shchodo yaiets helmintiv rodu Capillaria. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 1 (58), 128–132 [In Ukrainian].
145. Bohach, M. V. (2007). Vyprobuvannia dezinfektantiv pry heterakoznii invazii indykiv. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomor'ia*, 39, 85–88 [In Ukrainian].
146. Cherepanov, A. A., & Kumbov, P. K. (1997). Dezinvaziya zhyvotnovodchesih pomeshenij: sostoyanie voprosa i perspektivy issledovaniy. *Trudy VIGIS*, 33, 559–564 [In Russian].
147. Presswell, B., Bennett, J. D. L., & Smales, L. R. (2020). Morphological and molecular characterisation of a new genus and species of acanthocephalan, *Tenuisoma tarapungi* n. g., n. sp. (Acanthocephala: Polymorphidae) infecting red-billed gulls in New Zealand, with a key to the genera of the Polymorphidae Meyer, 1931. *Systematic Parasitology*, 97 (1), 25–39. doi: 10.1007/s11230-019-09898-0.
148. Crompton, D. W. T., & Lee, D. L. (1965). The fine structure of the body wall of *Polymorphus minutus* (Goeze, 1782) (Acanthocephala). *Parasitology*, 55 (2), 357–364. doi: 10.1017/s0031182000068827.
149. Nikishin, V. P. (1992). Formation of the Capsule around *Filicollis anatis* (Acanthocephala) in Its Intermediate Host. *The Journal of Parasitology*, 78 (1), 127. doi: 10.2307/3283699.
150. *Filicollis anatis*. (n.d.). *Encyclopedic Reference of Parasitology*, 237–237. doi: 10.1007/3-540-29834-7_513.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Юськів І. Д., Мельничук В. В. Спеціальні заходи протигельмінтозного комплексу за наявності ендопаразитів у гусей (*Anser anser domesticus* & *Anser cygnoides domesticus*, Linnaeus, 1758). *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 222–242.

© Юськів Ігор Дмитрович, Мельничук Віталій Васильович, 2020

original article | UDC 636.2.09:611.018:612.12 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.28

INFLUENCE OF NATIVE LIPOSOMES AND “MEMBRANOSTABIL” PREPARATION ON THE CONTENT OF SOME BLOOD SERUM PROTEIN FRACTIONS IN NEWBORN CALVES

S. I. Holopura*

ORCID  [0000-0001-9149-0540](https://orcid.org/0000-0001-9149-0540)

M. I. Tsvilikhovsky

ORCID  [0000-0002-5663-6644](https://orcid.org/0000-0002-5663-6644)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 16, Polkovnyka Potiekhina, Kyiv, 03127, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: golopura@ukr.net

The results of applying “Membranostabil” developed by the authors and native liposomes from phospholipid bilayer on the soy lecithin base for the correction of albumins and haptoglobin content value indices in the blood serum of newborn calves during the period of colostral immunity formation have been presented. Albumins and haptoglobin content values in the blood serum of newborn calves have been studied in dynamics – from the 1st day after birth to the 11 days of age. The investigation was carried out in 3 groups of newborn calves of Ukrainian local dairy breed – the control and two experimental. The level of serum protein fractions was investigated by the method of polyacrylamide gel electrophoresis. The quantitative assessment of protein fractions was carried out by electrophoregram scanning with their subsequent graphic reconstruction and by relative units or area calculation using computer program. It was established, that “Membranostabil” and native liposomes from phospholipid bilayer on the soy lecithin base activated the transportation of albumins and haptoglobin in the small intestine and led to reliable growth of their content in comparison with calves in the control group. The dynamics with comparative analysis of albumin and haptoglobin content values in the blood serum between the indices in calves from separate groups was shown. More pronounced growth of albumins and haptoglobin content under the influence of the used native liposomes in the blood of newborn calves was demonstrated. More pronounced effect of “Membranostabil” preparation on the own albumin synthesis by liver cells was found. The preventive effect of native liposomes and “Membranostabil” preparation on developing pathological changes in the experimental calves’ organism was found. It was established that during the period from the first to the third day of calves’ life in every group, the level of haptoglobin in their blood serum dropped drastically with the following increase on the seventh day. Several hypotheses concerning probable reasons of haptoglobin level decreasing in the blood serum of newborn calves on the third day of life were expressed. Lower haptoglobin content (as a protein of an acute phase with immune modulating properties) was found in the blood serum of calves in experimental groups on the 11th day of life in comparison with animals in the control group, which ensures the prevention of the second phase of early immune deficiency, sepsis, the development of digestion disorders and other young animal diseases.

Key words: colostral immunity, colostrum, blood serum, albumins, haptoglobin, newborn calves, Membranostabil.

ВПЛИВ НАТИВНИХ ЛІПОСОМ ТА ПРЕПАРАТУ «МЕМБРАНОСТАБІЛ» НА ВМІСТ ОКРЕМИХ БІЛКОВИХ ФРАКЦІЙ СИРОВАТКИ КРОВІ У НОВОНАРОДЖЕНИХ ТЕЛЯТ

С. І. Голопура, М. І. Цвіліховський,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Наведені результати застосування розробленого авторами препарату «Мембраностабіл» і нативних ліпосом з фосфоліпідного бішару на основі соєвого лецитину для корекції показників вмісту альбумінів та гаптоглобуліну в сироватці крові новонароджених телят у період формування колострального імунітету. Досліджені показники вмісту альбуміну та гаптоглобіну в сироватці крові новонароджених телят у динаміці – від народження до 11-и добового віку. Дослідження проводили на новонароджених телятах трьох груп (контрольна, та дві дослідні) української чорно-рябої молочної породи. Рівень фракцій білків досліджували методом гель-електрофорезу в поліакриламідному гелі. Кількісну оцінку білкових фракцій проводили скануванням електрофореграм з подальшою реконструкцією їх графічно й обчисленням за відносними одиницями або площею з використанням комп'ютерної програми. Встановлено, що препарат «Мембраностабіл» і нативні ліпосоми з фосфоліпідного бішару на основі соєвого лецитину активують транспорт альбумінів та гаптоглобіну в тонкому кишечнику і сприяють достовірному зростанню їх вмісту порівняно з телятами контрольної групи. Показана динаміка з порівняльним аналізом вмісту альбумінів та гаптоглобіну в сироватці крові між показниками телят окремих груп. Представлено більш виражене зростання вмісту альбумінів та гаптоглобіну під дією застосованих нативних ліпосом у крові новонароджених телят. Виявлений більш виражений вплив препарату «Мембраностабіл» на власний синтез альбуміну клітинами печінки. Встановлено профілактичний вплив нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіл» на розвиток патологічних змін в організмі дослідних телят. З'ясовано, що в період від першої до третьої доби життя телят усіх груп рівень гаптоглобіну в сироватці їх крові різко знижується з подальшим підвищенням на сьому добу. Висловлені декілька припущень імовірної причини зниження рівня гаптоглобуліну в сироватці крові новонароджених телят на третю добу життя. Встановлено нижчий вміст гаптоглобіну (як білка гострої фази з імуномодуючими властивостями) на 11-у добу життя телят дослідних груп у сироватці їх крові порівняно з тваринами контрольної групи, що забезпечує профілактику другої фази раннього імунодефіциту, сепсису, розвитку розладів травлення та виникнення інших хвороб молодняку.

Ключові слова: колостральний імунітет, молозиво, сироватка крові, альбуміни, гаптоглобін, новонароджені телята, мембраностабіл.

ВЛИЯНИЕ НАТИВНЫХ ЛИПОСОМ И ПРЕПАРАТА «МЕМБРАНОСТАБИЛ» НА СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ

С. И. Голопура, Н. И. Цвилюховский,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Приведены результаты использования разработанного авторами препарата «Мембраностабил» и нативных липосом на основе соевого лецитина для коррекции показателей содержания альбуминов и гаптоглобулина в сыворотке крови новорожденных телят в период формирования колострального иммунитета. Исследованы показатели содержания альбуминов и гаптоглобина в сыворотке крови новорожденных телят в динамике – от рождения до 11-ти суточного возраста. Исследования проводили на новорожденных телятах трех групп (контрольная и две опытные) украинской чернопестрой породы. Уровень фракций белков исследовали методом гель-электрофореза в полиакриламидном геле. Количественную оценку белковых фракций проводили сканированием электрофореграмм с последующим реконструированием их графически и вычислением за относительными единицами или площадью с использованием компьютерной программы. Доказано, что препарат «Мембраностабил» и нативные липосоми на основе соевого лецитина активируют транспорт альбуми-

нов и гаптоглобина в тонком кишечнике и способствуют достоверному увеличению их содержания в сравнении с телятами контрольной группы. Представлена динамика с сравнительным анализом содержания альбуминов и гаптоглобина в сыворотке крови между показателями телят отдельных групп. Показано более выраженный рост содержания альбуминов и гаптоглобина под действием использованных нативных липосом в крови новорожденных телят. Выявлено более выраженное влияние препарата «Мембраностабил» на собственный синтез альбумина клетками печени. Предположено профилактическое влияние нативных липосом и препарата «Мембраностабил» на течение патологических изменений в организме опытных телят. Показано низкое содержание гаптоглобина (как белка острой фазы с иммуномодулирующими способностями) на 11-е сутки жизни телят опытных групп в сыворотке их крови в сравнении с животными контрольной группы, что способствует профилактике второй фазы раннего иммунодефицита, сепсиса, развития расстройств пищеварения и возникновения других болезней молодняка.

Ключевые слова: колостральный иммунитет, молозиво, сыворотка крови, альбумин, гаптоглобин, новорожденные телята, мембраностабил.

Вступ

Білки плазми крові – лабільна динамічна система, що перебуває в рівновазі з протеїнами тканин та значною мірою визначає біохімічний гомеостаз організму [1]. Основна маса білків плазми крові синтезується у клітинах печінки – альбуміни, α -глобуліни, частина β -глобулінів, фібриноген, компоненти системи зсідання крові (II, V, VII, IX, X, XI фактори) [2], більша частина β - та γ -глобулінів – у клітинах імунної системи [3].

Для діагностики різних патологічних процесів важливе значення має визначення білкових фракцій – альбумінів та глобулінів.

Альбуміни у крові виконують низку важливих функцій, включаючи підтримку онкотичного тиску, регуляцію рН, а також транспортування та розподіл безлічі нерозчинних і гідрофобних ендогенних та екзогенних лігандів, таких як метали, жирні кислоти, гормони, амінокислоти, відходи, токсини та медичні препарати. Крім того, альбуміни є антиоксидантами і навіть мають ферментативні властивості [4–6].

Альбуміни зв'язують і нейтралізують токсини (як бактерійного походження, так і ті, що утворюються у процесі обміну речовин), зв'язують і транспортують білірубін під час руйнування гемоглобіну в печінці, з наступним виведенням його з організму, що запобігає його накопиченню в жировміщуючих тканинах, наприклад, у головному мозку, зв'язують катіони та аніони [7, 8].

На синтез альбумінів в організмі впливає низка факторів, включаючи запалення, стан гормонів та годівлі [6, 9]. Наприклад, запалення чинить негативний вплив на синтез альбумінів. При цьому рівень мРНК знижується на 90 % [6, 9, 10], що вказує на альбуміни як білки негативної гострої фази.

Ще однією унікальною особливістю альбумінів є їх тривалий період напіввиведення у сироватці крові людини (становить майже три тижні), який вони поділяють з іншим білком крові, імуноглобуліном G (IgG) [6, 11]. Незважаючи на те, що ці білки є абсолютно неспорідненими як структурно, так і функціонально, було продемонстровано, що вони одночасно зв'язуються з повсюдно експресованим клітинним рецептором, названим Fc рецептором новонароджених (FcRn). Цей рецептор відповідає за збереження IgG і альбумінів від руйнування за допомогою клітинних механізмів, які суворо регулюються величиною рН під час зв'язування з рецептором [6, 12].

Гаптоглобін є $\alpha 2$ -сіалоглікопротеїном, що синтезується переважно в гепатоцитах у відповідь на секрецію цитокінів, таких як інтерлейкін (IL)-6 та IL-1. Посилене вироблення гаптоглобіну під час гострої фази запалення та інфекції вказує на те, що цей білок має додаткові функції. Гаптоглобін має імунорегуляторні властивості, а також пригнічує синтез простагландинів і, отже, має важливі проти-запальні властивості [13].

Гаптоглобін є потужним пригнічувачем функції лімфоцитів, про що свідчить його здатність гальмувати мітогенну відповідь лімфоцитів на фітогемаглютинін та конканавалін А [13]. Різні Т-хелперні лімфоцити, відомі як клітини Т-хелпер-1 і Т-хелпер-2, відповідають за індукцію та регуляцію клітинної і гуморальної імунної відповіді відповідно. Клітини Т-хелпер-1 продукують інтерлейкін-2 та гамма-інтерферон, індують реакції IgG і, таким чином, сприяють клітинній імунній відповіді, тоді як клітини Т-хелпер-2 опосередковують переважно гуморальну та еозинофільну відповідь. Arredouani та ін. [14, 15] показали, що гаптоглобін відіграє важливу роль у модулюванні балансу між Т-хелпер-1 і Т-хелпер-2 лімфоцитами, сприяючи переважно Т-хелпер-1 клітинній відповіді. Ці клітини ефектив-

ніше захищають від інфекцій і пригнічують вивільнення Т-хелпер-2 цитокінів, відповідальних за захист від позаклітинних мікроорганізмів.

Метою цього дослідження було визначити рівень альбумінів та гаптоглобуліну в сироватці крові новонароджених телят у разі застосування їм з молозивом нативних ліпосом з фосфоліпідного бішару та препарат «Мембраностабіл».

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводились у НДГ «Великоснітинське імені О. В. Музиченка» НУБіП України на новонароджених телятах у період від народження до досягнення 11-добового віку. Було сформовано одну контрольну та дві дослідні групи телят, по 5 тварин у кожній. Телятам усіх груп випоювали молозиво в кількості 2 л після народження, а потім по 1,5 л через кожні 6 годин упродовж першої доби життя тварин. Телята контрольної групи отримували лише молозиво. Телятам першої дослідної групи за 20 хвилин до випоювання молозива задавали всередину нативні ліпосоми з фосфоліпідного бішару на основі соєвого лецитину в дозі 5 мл, а телятам другої дослідної групи у такій же дозі створений нами на основі соєвого лецитину препарат «Мембраностабіл». Препарат «Мембраностабіл» – це макрокапсули з фосфоліпідного бішару, наповнені водорозчинними формами вітамінів А – 1,2 мг і Е – 15 мг (патент на корисну модель № 92841 від 10.09.2014 р., Бюл. №17 [16]).

Кров для досліджень відбирали з яремної вени теляти у вакуумні пробірки до першої випойки їм молозива та через 6 годин після народження тварини, а також на 1-у, 3-ю, 7-у і 11-у доби їх життя. Під час виконання експериментальних досліджень на новонароджених телятах було дотримано всіх біоетичних вимог по відношенню до тварин, що відповідають Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 28.03.2017 р., та «Європейській конвенції на захист хребетних тварин» від 13.11.1987 р.

Сироватку крові отримували шляхом її відділення від формених елементів у термостаті за температури 37 °С упродовж 1-ї год. з подальшим центрифугуванням за 3 тис. обертів 15 хв. посіпль. Дослідження білкових фракцій у сироватці крові новонароджених телят проводили шляхом електрофоретичного розділення в 7,5 % поліакриламідному гелі з Натрію додецилсульфатом за модифікованою методикою з додаванням трицину [17].

Білкові зони ідентифікували, використовуючи реагент на аміногрупи – Кумасі G-250 (Serva), а молекулярну масу білків визначали відповідно до маркерів фірми Bioscience (Amersham), Швеція.

Кількісну оцінку білкових зон проводили методом сканування електрофореграм, з подальшим реконструюванням їх графічно та обчисленням за відносними одиницями або площею за допомогою комп'ютерної програми. Загальну суму брали за 100 %.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel 2016.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження показали, що у плазмі крові новонароджених телят, які ще не пили молозиво, вміст альбумінів є низьким і складає $22,05 \pm 0,98$ г/л (рис. 1).

Після випоювання молозива вміст альбумінів у сироватці крові телят підвищувався. Це вказує на транспортування білків альбумінової фракції з кишечника у кровоносне русло теляти в незміненому нативному стані. У сироватці крові телят контрольної групи на першу добу життя відмічали тенденцію до зростання вмісту альбумінів на 5,6 % порівняно з їх вмістом у новонароджених телят. Незначне зниження вмісту альбумінів у сироватці крові телят контрольної групи на третю добу їх життя порівняно з однодобовим віком може вказувати, з одного боку, на інтенсивне використання білків цієї фракції на метаболічні потреби ростучого організму, а з іншого – на недостатню функціональну зрілість гепатоцитів, що не в змозі в цей період онтогенезу забезпечити достатній їх синтез. Починаючи з сьомої доби життя, рівень альбумінів у сироватці крові телят контрольної групи поступово зростає і на 11-ту добу складає $24,47 \pm 2,17$ г/л, що є на 10,9 % вище порівняно з їх вмістом у новонароджених телят. На нашу думку, низький вміст альбумінів у сироватці крові телят контрольної групи, особливо в період з 6-ї години після народження до 7-ї доби життя, є наслідком втрати цих білків під час розладів травлення. Оскільки за даними інших дослідників [7] білки плазми проникають через слизову шлунку, кишечника й руйнуються у травному тракті. У здорової людини щодня близько 4,0 г альбумінів надходить у кишечник, а у хворих зі шлунково-кишковими розладами втрата альбумінів у багато разів вища.

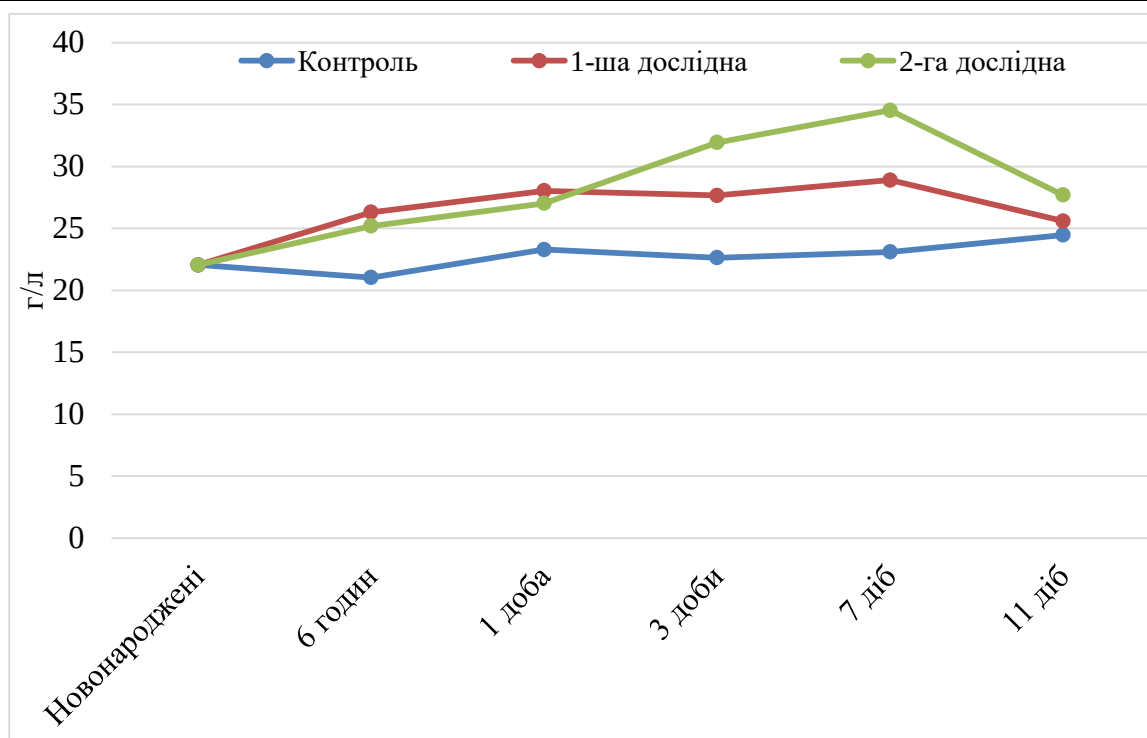


Рис. 1. Динаміка вмісту альбумінів у сироватці крові телят після народження

У сироватці крові телят першої дослідної групи вміст альбумінів достовірно ($p \leq 0,05$) підвищувався через 24 години на 27,1 %, а через 3 доби після народження – на 25,4% порівняно з новонародженими телятами до випоювання молозива. Крім того, вміст альбумінів у сироватці крові телят першої дослідної групи був достовірно вищим ($p \leq 0,05$) через 6 годин на 25 %, на першу добу на 20,3 % та на 3-тю добу після народження на 22,3 % порівняно з телятами контрольної групи відповідно. На нашу думку, застосування новонародженим телятам нативних ліпосом (перша дослідна група) сприяло більш інтенсивному переходу нативних білків альбумінової фракції з молозива у кровоносне русло телят. Відомо, що альбумін для перенесення у кровоносне русло зв'язується з тим самим неонатальним рецептором FcRn, що й імуноглобулін G. У такому разі, на перший погляд, підвищення транспортування альбумінів у кровоносне русло теляти під дією нативних ліпосом могло б конкурувати з імуноглобуліном G за сайти зв'язування з рецептором FcRn та зменшувати транспорт останнього, що своєю чергою, негативно може вплинути на формування колострального імунітету. Але кілька досліджень [18, 19] показали, що неонатальний рецептор FcRn має два сайти зв'язування для імуноглобуліну G та один для альбуміну і може зв'язувати їх одночасно. Крім того, кристалічна структура потрійного комплексу альбумінFcRn-IgG Fc доводить, що режим зв'язування альбумінів з рецептором не змінюється у присутності IgG [20].

Вивчення вмісту альбумінів у сироватці крові новонароджених телят другої дослідної групи, що отримували препарат «Мембраностабіль», показало достовірне підвищення рівня білків цієї фракції на 7-му і 11-ту доби їхнього життя на 56,6 % ($p \leq 0,01$) та 25,6 % ($p \leq 0,05$) відповідно порівняно з новонародженими телятами до випоювання молозива. Крім того, через 7 і 11 діб після народження вміст альбумінів у сироватці крові телят другої дослідної групи був достовірно вищим на 49,5 % та 13,2 % відповідно порівняно з телятами контрольної групи. На нашу думку, цей факт свідчить про стимулюючу дію препарату «Мембраностабіль» на білоксинтезуючу функцію клітин печінки телят. Це, своєю чергою, сприяє підвищенню власного синтезу білків альбумінової фракції в телят другої дослідної групи. Підтвердженням цього є той факт, що за даними інших дослідників [21], споживання ретинолу може підвищити рівень альбумінів до високих субнормальних значень. Крім того, досить низький вміст альбумінів у сироватці крові телят контрольної групи, особливо в період з 6-ї години після народження до 7-ї доби життя, є наслідком втрати цих білків під час розладу травлення, яке ми спостерігали в них у цей період.

Під час дослідження вмісту гаптоглобіну в сироватці крові новонароджених телят, яким ще не ви-

поювали молозиво, відмітили низький його рівень ($1,55 \pm 0,09$ г/л). Уже через 6 годин після народження вміст гаптоглобіну достовірно ($p \leq 0,001$) зріс у сироватці крові телят усіх груп: у телят контрольної, 1-ї та 2-ї дослідних груп у 2,65, 4,04, та 3,9 раза відповідно (рис. 2). На нашу думку, це свідчить про те, що гаптоглобулін на рівні з білками інших глобулінових фракцій у перші години після народження телят транспортується через стінку кишечника в нативному стані. Натомість, рівень гаптоглобіну в сироватці крові телят 1-ї та 2-ї дослідних груп був у 1,52 та в 1,47 раза вищим ($p \leq 0,001$) порівняно з телятами контрольної групи. Це вказує на більш інтенсивний транспорт гаптоглобіну зі спожитого телятами молозива в їх кровоносне русло під дією нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіль».

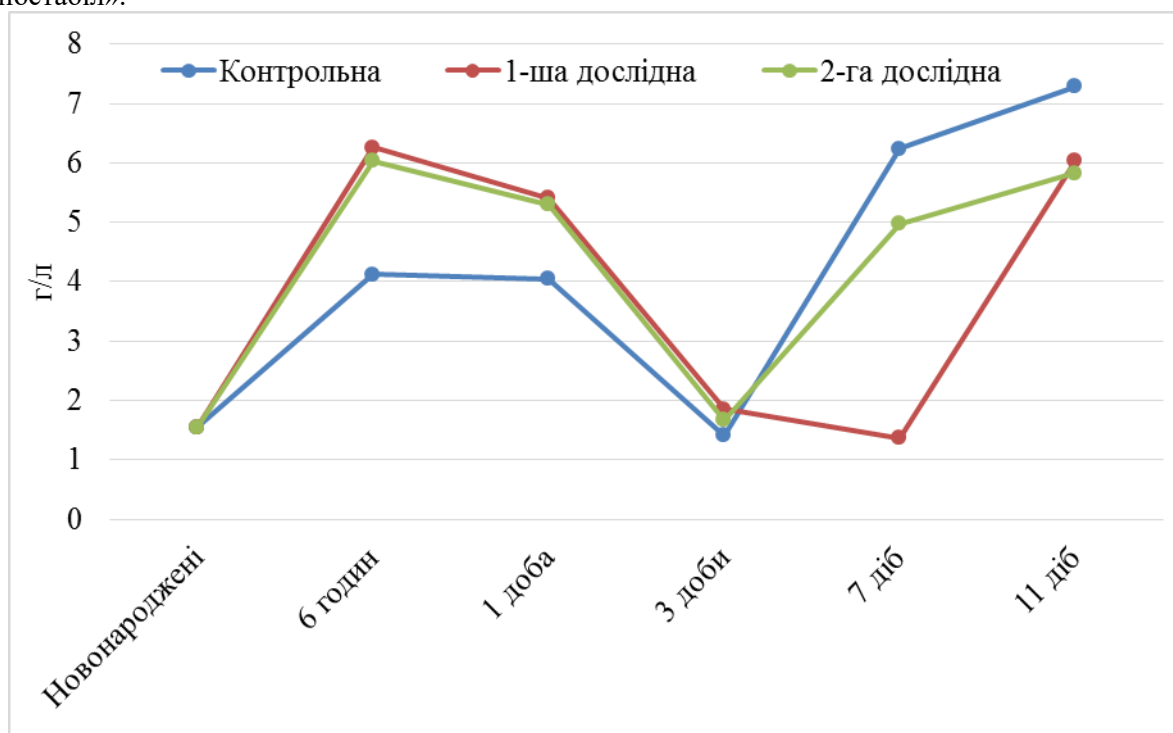


Рис. 2. Динаміка вмісту гаптоглобіну в сироватці крові новонароджених телят

У першу добу життя рівень гаптоглобіну в сироватці крові телят почав знижуватись і на третю добу складав у телят контрольної групи $1,41 \pm 0,18$ г/л, а в телят першої і другої дослідних груп $1,85 \pm 0,20$ та $1,67 \pm 0,13$ г/л відповідно. На нашу думку, різке зниження вмісту гаптоглобіну в сироватці крові телят усіх груп вказує на зміну в цей період життя фетального гемоглобіну на дорослий, та вивільненням його безпосередньо у кровоносному руслі телят, оскільки внутрішньосудинна деструкція еритроцитів, на частку якої припадає приблизно 10–20 % від нормальної деструкції еритроцитів, вивільняє вільний гемоглобін у загальний кровообіг. Вільний гемоглобін з лізованих еритроцитів усувається клубочковою фільтрацією, і це може спричинити ураження нирок. За даними інших дослідників [13], однією з основних функцій гаптоглобіну є зв'язування з гемоглобіном, тим самим запобігаючи нирковій екскреції Феруму та захищаючи судини від окислювального впливу цього білка. Гемоглобін, що виділяється з еритроцитів, є високотоксичним і опосередковує окиснювальний стрес та запалення, спричинені Ферумом [14]. Гаптоглобін і гемоглобін зв'язуються один з одним, утворюючи по суті незворотний, нековалентно зв'язаний розчинний комплекс, що характеризується високою стабільністю і спорідненістю (1×10^{-15} моль L⁻¹) [13].

Крім того, гаптоглобін зменшує втрати гемоглобіну й Феруму, оскільки комплекс гаптоглобін-гемоглобін не фільтрується через клубочки [22]. Після утворення комплекс гаптоглобін-гемоглобін швидко виводиться з кровообігу гепатоцитами (90 %) та тканинними моноцитами / макрофагами (10 %). Специфічний рецептор комплексу гаптоглобін-гемоглобін у гепатоцитах має високу спорідненість зв'язування комплексу. Цей рецептор, очевидно, розпізнає конформаційну зміну гаптоглобіну, спричинену утворенням комплексу з гемоглобіном [13]. Після ендцитозу комплекс розщеплюється лізосомами. Гаптоглобін не розщеплюється, але гем руйнується гемо-оксигеназою, щоб вивільнити

Ферум, який використовується для синтезу нових білків, таких як гемоглобін і білівердин, що згодом перетворюється на білірубін [22].

Якщо не зв'язаний з гемоглобіном гаптоглобін виводиться з плазми через $\sim 3,5\text{--}5$ діб, то під час зв'язування з гемоглобіном середній час видалення комплексу гаптоглобін-гемоглобін (головно гепатоцитами) становить приблизно 20 хв. Тому вимірювання концентрації циркулюючого гаптоглобіну, в цьому випадку, демонструє чи був у телят у період новонародженості гемоліз, оскільки збільшення споживання гаптоглобіну протягом цього часу призводить до зниження рівня цього білка у плазмі [13].

Починаючи з сьомої доби життя в сироватці крові телят контрольної групи спостерігали значне підвищення рівня гаптоглобіну в 4,42 раза та на 11 добу в 5,17 раза порівняно з 3 добою життя. Зокрема, вже з сьомої доби життя вміст гаптоглобіну в сироватці крові телят контрольної групи був вищим за нормативні показники (1,5–6,0 г/л) [23]. На нашу думку, це вказує на прояв запального процесу в організмі цих тварин, оскільки гаптоглобін також є позитивним білком гострої фази з імуномодуючими властивостями, який може гальмувати або стимулювати імунну відповідь, а концентрація цього білка підвищується у разі запальних та інфекційних процесів [22].

На сьому добу життя в сироватці крові телят першої дослідної групи продовжувалась тенденція до зниження вмісту гаптоглобіну, а на одинадцяті добу його рівень достовірно ($p \leq 0,001$) зріс в 4,41 раза порівняно з сьомою добою і склав 6,04 г/л.

У сироватці крові телят другої дослідної групи, де тваринам застосовували препарат «Мембраностабіл», зростання рівня гаптоглобіну відмічали, починаючи з сьомої доби в 2,98 раза та 3,49 раза порівняно з третьою добою життя. Вміст гаптоглобіну в сироватці крові телят першої і другої дослідної груп після підвищення (11 доба) залишався в межах фізіологічних коливань і був достовірно нижчим порівняно з телятами контрольної групи на 20,7 % та 25 % відповідно.

Зростання рівня гаптоглобіну в сироватці крові телят у межах фізіологічних коливань, на нашу думку, має позитивний вплив на ростучий організм, оскільки гаптоглобін вважається одним з ангіогенних факторів сироватки крові, і він є необхідним для проліферації та диференціювання ендотеліальних клітин [22]. В артеріях гаптоглобін бере участь у міграції клітин, перебудові судин та сприяє зростанню колатеральних судин [24, 25].

Висновки

Підвищення рівня альбумінів і гаптоглобіну в сироватці крові новонароджених телят вже через 6 годин після народження вказує на їх транспортування з кишечника у кровоносне русло теляти в нативному стані. Застосування новонародженим телятам *per os* препарату з нативних ліпосом на основі соєвого лецитину сприяє підвищенню елімінації альбумінів з кишечника, на що вказує достовірно вищий ($p \leq 0,05$) рівень їх у сироватці крові телят через 6 годин після народження, на 1-шу та 3-тю добу життя на 25 %, 20,3 % та 22,3 %, відповідно порівняно з телятами контрольної групи. Застосування новонародженим телятам *per os* препарату «Мембраностабіл» сприяє власному синтезу альбумінів у печінці телят, на що вказує достовірно вищий їх рівень на 7-у і 11-у доби їхнього життя на 56,6 % ($p \leq 0,01$) та 25,6 % ($p \leq 0,05$) відповідно порівняно з новонародженими телятами до випоювання молока. Застосування новонародженим телятам нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіл» достовірно ($p \leq 0,05$) підвищує перехід гаптоглобіну в нативному стані з кишечника у кровоносне русло впродовж першої доби життя тварин.

Перспективи подальших досліджень. У перспективі будуть продовжені дослідження щодо впливу нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіл» на рівень інших фракцій білків крові новонароджених телят.

References

1. Eghtesad, S., Eghtesad, S., Poustchi, H., & Malekzadeh, R. (2013). Malnutrition in Liver Cirrhosis: The Influence of Protein and Sodium. *Middle East Journal of Digestive Diseases*, 5 (2), 65–75.
2. Singh, M., Aggarwal, H., & Aggarwa, S. (2012). Significance of the glutathione-s-transferase activity and the total thiols status in chronic alcoholics. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 6 (1), 31–33.
3. Schroeder, H. W., & Cavacini, L. (2010). Structure and function of immunoglobulins. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125 (2), 41–52. doi: 10.1016/j.jaci.2009.09.046.

4. Kragh-Hansen, U., Chuang, V. T. G., & Otagiri, M. (2002). Practical aspects of the ligand-binding and enzymatic properties of human serum albumin. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 25 (6), 695–704. doi: 10.1248/bpb.25.695.
5. Fasano, M., Curry, S., Terreno, E., Galliano, M., Fanali, G., Narciso, P., Notari, S., & Ascenzi, P. (2005). The extraordinary ligand binding properties of human serum albumin. *IUBMB Life (International Union of Biochemistry and Molecular Biology: Life)*, 57 (12), 787–796. doi: 10.1080/15216540500404093.
6. Bern, M., Sand, K. M. K., Nilsen, J., Sandlie, I., & Andersen, J. T. (2015). The role of albumin receptors in regulation of albumin homeostasis: Implications for drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 211, 144–162. doi: 10.1016/j.jconrel.2015.06.006.
7. Hryza, P. V., & Kashchuk, M. P. (2011). Albumin – preparat plazmy donorskoj krovi : vlastyvoli ta osoblyvosti klinichnoho zastosuvannia. *Zdorovyi sposib zhyttia* 59, 13–21 [In Ukrainian].
8. Kovalkina, L. O., & Moroz, H. I. (2010). Albumin – preparat polifunktsionalnoi dii. *Ukrainskyi Zhurnal Ekstremalnoi Medytsyny imeni H. O. Mozhaieva*, 11 (3), 18–22 [In Ukrainian].
9. Rothschild, M., & Oratz, M. (1992) Albumin metabolism: a brief review. *Mount Sinai Journal of Medicine*, 59 (2), 155–156.
10. Peters, T., San, D. Jr. (1996). *All About Albumin: Biochemistry, Genetics, and Medical Applications*, CA: Academic Press.
11. Bern, M., Sand, K. M. K., Nilsen, J., Sandlie, I., & Andersen, J. T. (2015). The role of albumin receptors in regulation of albumin homeostasis: Implications for drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 211, 144–162. doi: 10.1016/j.jconrel.2015.06.006.
12. Wani, M. A., Haynes, L. D., Kim, J., Bronson, C. L., Chaudhury, C., Mohanty, S., Waldmann, T. A., Robinson, J. M., & Anderson, C. L. (2006). Familial hypercatabolic hypoproteinemia caused by deficiency of the neonatal Fc receptor, FcRn, due to a mutant beta2-microglobulin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (13), 5084–5089. doi: 10.1073/pnas.0600548103.
13. Wobeto, V. P. de A., Zaccariotto, T. R., & Sonati, M. de F. (2008). Polymorphism of human haptoglobin and its clinical importance. *Genetics and Molecular Biology*, 31 (3), 602–620. doi: 10.1590/s1415-47572008000400002.
14. Arredouani, M. S., Kasran, A., Vanoirbeek, J. A., Berger, F. G., Baumann, H., & Ceuppens, J. L. (2005). Haptoglobin dampens endotoxin-induced inflammatory effects both in vitro and in vivo. *Immunology*, 114 (2), 263–271. doi: 10.1111/j.1365-2567.2004.02071.x.
15. Arredouani, M., Matthijs, P., Van Hoeyveld, E., Kasran, A., Baumann, H., Ceuppens, J. L., & Stevens, E. (2003). Haptoglobin directly affects T cells and suppresses T helper cell type 2 cytokine release. *Immunology*, 108 (2), 144–151. doi: 10.1046/j.1365-2567.2003.01569.x.
16. Tsvilikhovsky, M. I., Maryniuk, M. O., Holopura, S. I., Avdieieva, L. Yu., Nemova, T. V., Yakymchuk, O. M., & Zhukotskyi, E. K. (2014). Patent Ukrainy № 92841. Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti [In Ukrainian].
17. Schagger, H., & von Jagow, G. (1987). Tricine-sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 kDa. *Analytical Biochemistry*, 166 (2), 368–379. doi: 10.1016/0003-2697(87)90587-2.
18. Chaudhury, C., Mehnaz, S., Robinson, J. M., Hayton, W. L., Pearl, D. K., Roopenian, D. C., & Anderson, C. L. (2003). The major histocompatibility complex-related fc receptor for IgG (FcRn) binds albumin and prolongs its lifespan. *Journal of Experimental Medicine*, 197 (3), 315–322. doi: 10.1084/jem.20021829.
19. West, A. P., & Bjorkman, P. J. (2000). Crystal structure and immunoglobulin G Binding properties of the human major histocompatibility complex-related Fc receptor. *Biochemistry*, 39 (32), 9698–9708. doi: 10.1021/bi000749m.
20. Oganessian, V., Damschroder, M. M., Cook, K. E., Li, Q., Gao, C., Wu, H., & Dall'Acqua, W. F. (2014). Structural insights into neonatal Fc receptor-based recycling mechanisms. *Journal of Biological Chemistry*, 289 (11), 7812–7824. doi: 10.1074/jbc.m113.537563.
21. Aleksandrova, E. A., Gaydasheva, E. V., & Burnevich, E. Z. (2010). KHronicheskaya intoksikatsiya vitaminom a kak prichina formirovaniya tsirroza pecheni. *Pharmaceuticals*, 10, 37–41 [In Russian].
22. Tseng, C. F., Lin, C. C., Huang, H. Y., Liu, H. C., & Mao, S. J. T. (2004). Antioxidant role of human haptoglobin. *Proteomics*, 4 (8), 2221–2228. doi: 10.1002/pmic.200300787.
23. Kondrakhin, I. P. (2004) *Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki: Spravochnik*. Moscva: Ear [In Russian].

24. Van Vlierberghe, H., Langlois, M., & Delanghe, J. (2004). Haptoglobin polymorphisms and iron homeostasis in health and in disease. *Clinica Chimica Acta*, 345, 35–42. doi: 10.1016/s0009-8981(04)00150-0.
25. Kleijn, D. P. V., Smeets, M. B., Kemmeren, P. P. C. W., Lim, S. K., Middelaar, B. J., Velema, E., Schoneveld, A., Pasterkamp, G., & Borst, C. (2002). Acute-phase protein haptoglobin is a cell migration factor involved in arterial restructuring. *The FASEB Journal*, 16 (9), 1123–1125. doi: 10.1096/fj.02-0019fje.

Стаття надійшла до редакції: 23.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Голопура С. І., Цвіліховський М. І. Вплив нативних ліпосом та препарату «Мембраностабіл» на вміст окремих білкових фракцій сироватки крові у новонароджених телят. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 243–251.

© Голопура Сергій Іванович, Цвіліховський Микола Іванович, 2020



original article | UDC 619:619.661 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.29

THE INFLUENCE OF CADMIUM LOAD ON THE IMMUNE STATUS OF ORGANISM OF LAYING HENS

A. Y. Ostapyuk

B. V. Gutyj*

ORCID  [0000-0002-4827-2318](https://orcid.org/0000-0002-4827-2318)

ORCID  [0000-0002-5971-8776](https://orcid.org/0000-0002-5971-8776)

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50, Pekarska str., Lviv, 79010

*Corresponding author

E-mail: [E-mail: bvh@ukr.net](mailto:bvh@ukr.net)

The aim of the study was to research the effect of cadmium sulfate at a dose of 2 and 4 mg/kg of body weight on the immune system of laying hens. Twenty-four Haysex white laying hens, 78 weeks of age, were selected from which three groups were formed: control and two experimental. The control group of hens was on a regular diet, fed with compound feed and drinking water without adding cadmium sulfate. For 30 days, cadmium sulfate was added to the drinking water of the hens in the experimental groups in the following doses: the first group – 2 mg/kg, the second group – 4 mg/kg of body weight. The keeping conditions and indoor microclimate parameters for all poultry groups were the same. During the experiment, the amount of feed and water consumed was calculated. While studying the values of cellular immunity indicators it was found that the number of T- and B- lymphocytes in the diseased poultry decreased throughout the experiment. On the 21st day of the experiment, the number of T-lymphocytes in the blood of hens in the first and second experimental groups decreased by 1.8 and 2.7 % ($P < 0.001$), the number of B-lymphocytes – by 2.2 and 2.9 % ($P < 0.01$). In case of cadmium load, the antimicrobial activity of the blood serum in laying hens decreased during the first days of the study, indicating a decrease in bactericidal and lysozyme activity of the blood serum in diseased poultry. On the 21st day of the experiment, the bactericidal activity of hens' blood serum in group D1 fluctuated within 71.4 ± 1.41 %, and lysozyme activity of the blood serum – within 5.35 ± 0.20 %. The lowest antimicrobial activity was established on the 21st and 30th days of the experiment, where, as compared with the initial values, bactericidal activity decreased by 15.5 and 14.4 %, and lysozyme activity – by 0.95 and 0.67 %. A high level of circulating immune complexes in the blood serum of laying hens indicates the inhibition of the organism immunologic response system due to the attachment of specific antibodies to metabolism products under cadmium load. The suppression of nonspecific element of the immune system is manifested by a decrease in the neutrophils phagocytic activity, a decrease in phagocytic value and phagocytic index. The lowest phagocytic value was registered on the 21st day of the experiment in the two experimental groups of hens, in which this indicator decreased by 16.6 % in the first experimental group and by 18.4 % in the second experimental group of hens as compared with the control group. On the 21st day of the experiment, phagocytic activity in the blood of hens of the second experimental group made 50.6 ± 1.46 %, which was 10.7 % lower than the values of the control group of hens.

Key words: laying hens, toxicology, heavy metals, cadmium, immune system.

ВПЛИВ КАДМІЄВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ІМУННИЙ СТАТУС ОРГАНІЗМУ КУРЕЙ-НЕСУЧОК

А. Ю. Остап'юк, Б. В. Гутий,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Метою роботи було дослідити вплив кадмію сульфату в дозі 2 і 4 мг/кг маси тіла на стан імунної системи організму курей-несучок. Було відібрано 24 курки-несучки кросу Хайсекс білий віком 78 тижнів, з яких сформували три групи: контрольну і дві дослідні. Кури контрольної групи перебували на звичайному раціоні, їм згодовували комбікорм та випоювали воду без внесення сульфату кадмію. До питної води курей дослідних груп протягом 30 днів додавали кадмію сульфат у дозах: перша група – 2 мг/кг, друга група – 4 мг/кг маси тіла. Умови утримання та параметри мікроклімату у приміщенні для всіх груп птиці були аналогічними. Впродовж дослідження обліковували кількість спожитого корму і води. При дослідженні величин показників клітинного імунітету встановлено, що у хворої птиці кількість Т- і В-лімфоцитів протягом усього дослідження знижувалася. На 21-у добу дослідження кількість Т-лімфоцитів у крові курей першої та другої дослідної групи знизилася на 1,8 і 2,7 % ($P < 0,001$), кількість В-лімфоцитів – на 2,2 і 2,9 % ($P < 0,01$). При кадмієвому навантаженні в курей-несучок антимікробна активність сироватки крові в першу добу дослідження знижувалася, про що свідчить зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворої птиці. На 21-у добу дослідження бактерицидна активність сироватки крові у курей групи Д₁ коливалася в межах $71,4 \pm 1,41$ %, а лізоцимна активність сироватки крові – $5,35 \pm 0,20$ %. Найнижчу антимікробну активність встановлено на 21 і 30-у доби дослідження, де порівняно з початковими величинами бактерицидна активність знизилася на 15,5 і 14,4 %, а лізоцимна – на 0,95 і 0,67 %. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові курей-несучок вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження. Пригнічення неспецифічної ланки імунної системи проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів, зменшенням фагоцитарного числа та фагоцитарного індексу. Найнижчим фагоцитарне число було на 21-у добу дослідження у двох дослідних групах курей, де порівняно з контрольною групою курей цей показник знизився на 16,6 % у першій дослідній групі курей та на 18,4 % у другій дослідній групі курей. Фагоцитарна активність на 21-у добу дослідження у крові курей другої дослідної групи становила $50,6 \pm 1,46$ %, що на 10,7 % нижче відносно величин контрольної групи курей.

Ключові слова: кури-несучки, токсикологія, важкі метали, Кадмій, імунна система.

ВЛИЯНИЕ КАДМИЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ИММУННЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА КУР-НЕСУШЕК

А. Ю. Остап'юк, Б. В. Гутий,

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого, г. Львов, Украина

Целью работы было исследовать влияние кадмия сульфата в дозе 2 и 4 мг/кг массы тела на состояние иммунной системы организма кур-несушек. Было отобрано 24 курицы-несушки кросса Хайсекс белый в возрасте 78 недель, из которых сформировали три группы: контрольную и две исследовательские. Куры контрольной группы находились на обычном рационе, им скармливали комбикорм и выпаивали воду без внесения сульфата кадмия. К питьевой воде кур опытных групп в течение 30 суток добавляли кадмия сульфат в дозах: первая группа – 2 мг/кг, вторая группа – 4 мг/кг массы тела. Условия содержания и параметры микроклимата в помещении для всех групп птицы были аналогичными. В течение опыта учитывали количество потребленного корма и воды. При исследовании показателей клеточного иммунитета установлено, что у больной птицы количество Т- и В-лимфоцитов в течение всего опыта снижалось. На двадцать первые сутки опыта количество Т-лимфоцитов в крови кур первой и второй опытной группы снизилось на 1,8 и 2,7 % ($P < 0,001$), количество В-лимфоцитов – на 2,2 и 2,9 % ($P < 0,01$). При кадмиевой нагрузке у кур-несушек антимикробная активность сыворотки крови в первые сутки исследования снижалась, на что указывает

уменьшение бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови у больной птицы. На двадцать первые сутки опыта бактерицидная активность сыворотки крови у кур группы O_1 колебалась в пределах $71,4 \pm 1,41\%$, а лизоцимная активность сыворотки крови – $5,35 \pm 0,20\%$. Самую низкую антимикробную активность установлено на 21 и 30 сутки опыта, где по сравнению с исходными величинами, бактерицидная активность снизилась на 15,5 и 14,4 %, а лизоцимная – на 0,95 и 0,67 %. Высокий уровень циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови кур-несушек указывает на подавление иммунореактивной системы организма в результате присоединения специфических антител к продуктам метаболизма в условиях кадмиевой нагрузки. Подавление неспецифического звена иммунной системы проявляется снижением фагоцитарной активности нейтрофилов, уменьшением фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса. Низким фагоцитарное число было на двадцать первый день опыта в двух исследовательских группах кур, где по сравнению с контрольной группой кур данный показатель снизился на 16,6 % в первой опытной группе кур и на 18,4 % во второй опытной группе кур. Фагоцитарная активность на двадцать первый день опыта в крови кур второй опытной группы составила $50,6 \pm 1,46\%$, что на 10,7 % ниже относительно величин контрольной группы кур.

Ключевые слова: куры-несушки, токсикология, тяжелые металлы, Кадмий, иммунная система.

Вступ

Кадмій – один з найбільш токсичних важких металів [2, 7]. Його відносять до другого класу небезпеки – високонебезпечні речовини [1, 11, 23]. Як і більшість інших важких металів, Кадмій має виражену тенденцію до накопичення в організмі: період його напіввиведення становить 10–35 років [12, 19]. Кадмій в організмі накопичується в нирках (30–60 % від усієї кількості) і печінці (20–25 %). Також Кадмій знаходять у підшлунковій залозі, селезінці, трубчастих кістках, інших органах і тканинах [8, 14].

Кадмій шкідливо впливає на життєві системи організму людини і тварин, спричиняючи патологічні зміни у тканинах і органах (нирки, легені, кісткова тканина, органи репродуктивної й ендокринної систем), пригнічуючи процес еритропоезу [13, 15, 18]. Порушення, зумовлені тривалим надходженням Кадмію в організм, визначаються рівнем нагромадження Cd^{2+} у клітинах і проявом кумулятивної токсичності [4, 6, 17]. Уразливість клітин до дії Кадмію значною мірою залежить від рівня експресії в них генів металозв'язувальних білків – металотіонінів [5, 9, 20].

Кадмій та його сполуки відносяться до імунотоксикантів, які призводять до порушень у функціонуванні імунної системи організму, знижують резистентність до інфекцій, сприяють формуванню алергічних, аутоімунних та онкологічних патологій [16, 21]. Особливістю біологічної дії Кадмію є його здатність негативно впливати на здоров'я тварин при тривалому впливі низьких рівнів забруднення через високий коефіцієнт біологічної кумуляції (до 40 років) [3, 10].

Саме тому метою роботи було дослідити вплив кадмієвого навантаження на імунний статус організму курей-несучок.

Матеріали і методи досліджень

Для досліду було відібрано 24 курки-несучки кросу Хайсекс білий віком 78 тижнів, з яких сформували три групи: контрольну і дві дослідні. Групи формувалися за принципом аналогів (вік і жива маса). Курей різних груп мітили стійкими органічними барвниками. Кури контрольної групи перебували на звичайному раціоні, їм згодовували комбікорм та випоювали воду без внесення сульфату кадмію. До питної води курей дослідних груп протягом 30 діб додавали кадмію сульфат у дозах: перша група – 2 мг/кг, друга група – 4 мг/кг маси тіла.

Умови утримання та параметри мікроклімату у приміщенні для всіх груп птиці були аналогічними. Впродовж досліду обліковували кількість спожитого корму і води.

Усі експериментальні втручання та забій тварин проводили з дотриманням вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1985) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001).

Кров у курей-несучок відбирали з підкрильцевої вени в такі періоди: до початку задавання кадмію сульфату та на першу, сьому, чотирнадцяту, двадцять першу та тридцяту доби досліду.

Лізоцимну активність сироватки крові визначали з використанням як тест-мікроба добову культуру *Micrococcus lysodeicticus* штаму ВКМ-109 нефелометричним методом, оптичну густину вимірювали при довжині хвилі 540 нм. Бактерицидну активність у зразках сироватки крові досліджували за методом Ю. М. Маркова (1968) з використанням добової культури *E. coli* штаму ВКМ-125. Фотоколориметрування

проводили до та після 3-годинної інкубації [22]. Визначення вмісту циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові проводили з використанням боратного буферу. Вибіркова преципітація комплексів антиген-антитіло відбувалася під впливом високомолекулярного ПЕГ, масою 6000 Да. Облік результатів проводили шляхом фотокolorиметрування щільності преципітату при довжині хвилі 450 нм [22]. Фагоцитарну реакцію нейтрофілів крові оцінювали за фагоцитарною активністю (ФА), фагоцитарним індексом (ФІ) та фагоцитарним числом (ФЧ) за методикою В. С. Гостева (1950). Стабілізовану кров інкубували з добовою культурою *E. coli* штаму ВКМ-125. Мазки досліджували під мікроскопом в імерсійній системі. ФА визначали за кількістю активних нейтрофілів зі 100 підрахованих клітин, ФІ – за кількістю фагоцитованих мікробних тіл одним активним нейтрофілом, ФЧ – за кількістю фагоцитованих мікробних тіл на 100 підрахованих нейтрофілів [22]. Визначення кількості Т-лімфоцитів здійснювали в реакції спонтанного розеткоутворення з еритроцитами барана за методикою, описаною в [22]. Для визначення В-лімфоцитів готували ЕАС-систему (еритроцити, сенсibilізовані антитілами й комплементом), шляхом додавання до еритроцитів барана гемолітичної сироватки [22].

Аналіз результатів досліджень проводили за допомогою пакету програм Statistica 6.0. Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стюдента. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними при * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ (ANOVA).

Результати досліджень та їх обговорення

Імунітет (лат. *immunitas* – звільнення) – прояв, спрямований на збереження сталості внутрішнього середовища захисних реакцій організму проти генетично чужорідних речовин (антигенів). Основними клітинами імунітету, що здійснюють зв'язок і взаємодію всіх органів імунної системи, є лімфоцити. Вироблення Т-лімфоцитів і В-лімфоцитів є фізіологічним процесом, який перебігає і за відсутності антигенної стимуляції, але залежить від надходження стовбурових клітин з кісткового мозку. В-лімфоцити, включаючись у реакції імунної системи після контакту з антигеном, проліферують і диференціюються у плазматичні клітини, які продукують імуноглобуліни трьох класів (А, М і G), що є ефекторами гуморальної ланки імунітету. Одним з основоположних механізмів функціонування системи імунітету є взаємодія трьох типів клітин – макрофагів, Т- і В-лімфоцитів.

Важливе значення в патогенезі кадмієвого токсикозу має дослідження клітинного імунітету, представленого Т- і В-лімфоцитами. Результати досліджень клітинного імунітету у курей за умов навантаження кадмієм наведені в табл. 1.

1. Показники клітинного імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm t$, $n=8$)

Дослідні групи	До випоювання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
Т-лімфоцити, %					
К	12,9±0,30	12,8±0,31	13,1±0,25	12,9±0,20	13,0±0,25
Д ₁	13,1±0,26	12,4±0,27*	11,5±0,24**	11,1±0,32***	11,9±0,28*
Д ₂	13,0±0,22	11,8±0,30**	10,7±0,32***	10,2±0,29***	11,1±0,35**
В-лімфоцити, %					
К	17,3±0,50	17,4±0,45	17,5±0,55	17,2±0,60	17,5±0,50
Д ₁	17,6±0,56	16,8±0,50	16,3±0,54*	15,0±0,51**	15,6±0,39*
Д ₂	17,5±0,60	16,0±0,45	15,0±0,62**	14,3±0,70**	14,9±0,43**

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

При дослідженні величин показників клітинного імунітету встановлено, що у хворої птиці кількість Т- і В-лімфоцитів протягом усього досліду знижувалася. У курей першої дослідної групи кількість Т-лімфоцитів на 7-у добу досліду знизилася на 0,4 %, а на 14-у добу досліду знизилася на 1,6 % порівняно з контрольною групою птиці. У подальшому кількість Т-лімфоцитів знову продовжувала знижуватися і найнижчою була на 21-у добу досліду в дослідній групі птиці Д₁, де відповідно вона становила 11,1±0,32 %. На 30-у добу досліду кількість Т-лімфоцитів у крові дослідної групи курей-несучок Д₁ дещо зросла, однак залишалася на низькому рівні.

При дослідженні кількості Т-лімфоцитів у птиці, якій випоювали з водою сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла встановлено зниження цього показника відповідно: на 7-у добу – на 1 %, на 14-у добу – на 2,4 %, на 21-у добу – на 2,7 % відносно величин контрольної групи курей. На 30-у добу досліду встановлено збільшення кількості Т-лімфоцитів, де порівняно з попередньою добою досліду кіль-

кість Т-лімфоцитів зросла на 0,9 %, однак залишалася на низькому рівні порівняно з показниками птиці контрольної групи.

При дослідженні кількості В-лімфоцитів встановлено, що на початку досліду кількість лімфоцитів у крові дослідної птиці коливалася в межах $17,6 \pm 0,56$ – $17,5 \pm 0,60$ %. Після вipoювання з водою сульфату кадмію у крові курей-несучок відмічаємо зниження кількості В-лімфоцитів на 7-у добу досліду відповідно на 0,6 % у крові дослідної групи Д₁ та на 1,4 % у крові дослідної групи курей Д₂ порівняно з контрольною групою. На 14-у добу досліду кількість В-лімфоцитів продовжувала знижуватися у двох дослідних групах курей-несучок, однак варто відзначити, що при вipoюванні сульфату кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла, кількість В-лімфоцитів була значно нижчою, ніж у крові курей, яким вipoювали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла. На 21-у добу досліду кількість В-лімфоцитів у крові курей обох дослідних груп була найнижчою, де відповідно коливалась у межах $15,0 \pm 0,51$ – $14,3 \pm 0,70$ %.

Гуморальні фактори протиінфекційного захисту птиці є різні білки, розчинні у крові й рідинах організму. Вони можуть самі мати антимікробні властивості чи здатні активувати інші гуморальні і клітинні механізми проти інфекційного імунітету. Відомо, що гуморальний імунітет забезпечується специфічними макромолекулами, які функціонують у внутрішніх рідинах організму птиці.

Як видно з таблиці 2, при кадмієвому навантаженні у курей-несучок антимікробна активність сироватки крові у першу добу дослідження знижується, на що вказує зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворої птиці. На 7-у добу досліду бактерицидна активність сироватки крові курей-несучок дослідної групи Д₁ знизилася на 5,8 %, тоді як лізоцимна активність сироватки крові у вказаний період знизилася на 0,26 %.

2. Показники гуморального імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm m$, $n=8$)

Дослідні групи	До випоювання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
БАСК, %					
К	86,7±1,30	86,9±1,22	87,3±1,32	86,8±1,35	87,1±1,29
Д1	86,9±1,35	81,1±1,20*	75,2±1,39***	71,4±1,41***	72,5±1,38***
Д2	87,2±1,36	78,3±1,46***	72,3±1,50***	68,1±1,23***	70,3±1,42***
ЛАСК, %					
К	6,26±0,20	6,31±0,22	6,27±0,20	6,30±0,22	6,29±0,25
Д1	6,30±0,23	6,05±0,30	5,76±0,15*	5,35±0,20**	5,63±0,35*
Д2	6,25±0,21	5,74±0,15*	5,43±0,30**	5,05±0,24***	5,46±0,30**
ЦІК, ммоль/л					
К	32,3±1,7	32,2±1,4	32,4±1,6	32,3±1,4	32,4±1,5
Д1	32,4±1,5	34,3±1,5	36,9±1,7*	40,6±1,5**	39,4±1,2**
Д2	32,2±1,4	35,2±1,6*	38,4±2,0*	41,6±1,8***	39,7±1,6**

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

У подальшому антимікробна активність сироватки крові курей-несучок, яким вipoювали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла, продовжувала поступово знижуватися, що вказує на пригнічення фізіологічного стану гуморальної ланки імунітету. На 21-у добу досліду бактерицидна активність сироватки крові в курей групи Д₁ досягала $71,4 \pm 1,41$ %, а лізоцимна активність сироватки крові – $5,35 \pm 0,20$ %. Найнижчу антимікробну активність встановлено на 21 і 30-у доби досліду, де порівняно з початковими величинами, бактерицидна активність знизилася на 15,5 і 14,4 %, а лізоцимна – на 0,95 і 0,67 %.

У дослідної групи курей, яким вipoювали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла на 7-у добу досліду встановлено зниження бактерицидної активності сироватки крові на 8,6 % та лізоцимної активності сироватки крові на 0,57 % відносно контрольної групи курей-несучок. На 14-у добу досліду бактерицидна активність сироватки крові курей дослідної групи Д₂ коливалась в межах $72,3 \pm 1,50$ %, а лізоцимна – $5,43 \pm 0,30$ %. На 21-у добу досліду встановлено найнижчу антимікробну активність сироватки крові, на що вказує зниження бактерицидної активності сироватки крові на 15,4 % та лізоцимної активності сироватки крові на 1,25 % відносно контрольної групи курей.

За фізіологічних умов утворення та присутність циркулюючих імунних комплексів у рідинах є одним з проявів імунної відповіді організму птиці на надходження антигенів та важливим чинником, що забезпечує імунітет. Утворені імунні комплекси за цих умов деякий час циркулюють у лімфі і крові, після чого відбувається їх елімінація.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що рівень циркулюючих імунних комплексів у контрольній та двох дослідних групах на початку дослідження коливався в межах $32,2 \pm 1,4$ – $32,4 \pm 1,5$ ммоль/л. У курей, яким випоювали сульфат кадмію в меншій дозі, рівень циркулюючих імунних комплексів на 7-у добу дослідження зріс на 6,5 % відносно величин контрольної групи, а у курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла, рівень досліджуваного показника відповідно зріс на 9,3 %. На 14-у добу дослідження рівень циркулюючих імунних комплексів у крові контрольної групи коливався в межах $32,4 \pm 1,6$ ммоль/л, у крові дослідної групи курей Д₁ – у межах $36,9 \pm 1,7$ ммоль/л, у крові дослідної групи курей Д₂ – в межах $38,4 \pm 2,0$ ммоль/л. На 21-у добу дослідження встановлено найвищий рівень циркулюючих імунних комплексів, де відповідно з контрольними величинами він зріс на 26 % у крові дослідної групи курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 2 мг/кг маси тіла та на 29 % у крові дослідної групи курей, яким випоювали сульфат кадмію в дозі 4 мг/кг маси тіла. На 30-у добу дослідження рівень циркулюючих імунних комплексів почав дещо знижуватися, однак порівняно з контрольними величинами він залишався на високому рівні.

Поряд зі зниженням активності гуморального імунітету у птиці за кадмієвого навантаження встановлено пригнічення неспецифічної ланки імунної системи, що проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів та зменшенням фагоцитарного числа (табл. 3).

Встановлено, що на початку дослідження фагоцитарна активність нейтрофілів та фагоцитарний індекс були в межах $61,1 \pm 1,40$ – $61,3 \pm 1,30$ % і $2,47 \pm 0,03$ – $2,51 \pm 0,02$ од. При навантаженні курей-несучок Кадмієм у дозі 2 мг/кг маси тіла на 7-у добу дослідження встановлено зниження фагоцитарної активності нейтрофілів та фагоцитарного індексу порівняно з початковими величинами на 2,6 і 2,4 %. У наступні періоди дослідження знову встановлено зниження показників неспецифічного імунітету, де найнижчими показниками були на 21-у добу дослідження. Відповідно фагоцитарна активність нейтрофілів знизилася на 9 %, а фагоцитарний індекс – на 14 %. На 30-у добу дослідження встановлено підвищення показників неспецифічного імунітету, однак порівняно з початком дослідження, вони були нижчими.

При навантаженні курей-несучок Кадмієм у дозі 4 мг/кг маси тіла встановлено, що на 7-у добу дослідження фагоцитарна активність нейтрофілів коливалася в межах $57,6 \pm 1,42$ %, тоді як у контрольній групі курей – $61,0 \pm 1,25$ %. На 14-у добу дослідження у другій дослідній групі курей-несучок фагоцитарна активність нейтрофілів знизилася на 5,5 % відносно величин контрольної групи курей. Найнижчою фагоцитарна активність була на 21-у добу дослідження, де відповідно становила $50,6 \pm 1,46$ %, що на 10,7 % нижче відносно величин контрольної групи курей.

При дослідженні фагоцитарного індексу у курей дослідної групи Д₂, встановлено на 7-у добу дослідження зниження цього показника на 6 % відносно величин контрольної групи курей. На 14-у добу дослідження фагоцитарний індекс у курей другої дослідної групи знову продовжував знижуватися й найнижчого рівня досяг на 21-у добу дослідження, де відповідно становив $2,02 \pm 0,04$ од.

Фагоцитарне число є ключовим показником при оцінці фагоцитарної активності нейтрофілів. Таку оцінку вважають важливим складником загальної характеристики імунного статусу, здатного порушуватися при різних запально-інфекційних ускладненнях.

3. Показники неспецифічного імунітету курей за кадмієвого навантаження ($M \pm m$, $n=8$)

Дослідні групи	До випоювання	Доби дослідження			
		7	14	21	30
Фагоцитарна активність, %					
К	61,3±1,30	61,0±1,25	61,2±1,32	61,3±1,40	61,3±1,55
Д1	61,1±1,40	58,5±1,46	55,7±1,45**	52,3±1,50***	54,7±1,41**
Д2	61,2±1,35	57,6±1,42*	54,5±1,50**	50,6±1,46***	53,9±1,44**
Фагоцитарний індекс, од.					
К	2,47±0,03	2,50±0,04	2,49±0,02	2,51±0,04	2,50±0,03
Д1	2,48±0,02	2,42±0,03	2,29±0,04***	2,15±0,03***	2,24±0,04***
Д2	2,51±0,02	2,35±0,04**	2,20±0,03***	2,02±0,04***	2,15±0,04***
Фагоцитарне число, од.					
К	4,28±0,05	4,30±0,04	4,31±0,04	4,29±0,05	4,33±0,04
Д1	4,32±0,06	4,11±0,08*	3,87±0,09**	3,58±0,07***	3,88±0,06**
Д2	4,34±0,05	3,93±0,09**	3,73±0,07**	3,50±0,06***	3,78±0,05**

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

Згідно з табл. 3, фагоцитарне число у курей-несучок контрольної та дослідних груп коливалось у межах $4,28 \pm 0,05$ – $4,34 \pm 0,05$ од. У подальшому фагоцитарне число зменшувалося в курей дослідних груп, починаючи з 7-ї доби досліду, так, у курей, які були навантажені Кадмієм у дозі 2 мг/кг маси тіла, фагоцитарне число знизилось на 4,9 %, а кури-несучки, які були навантажені Кадмієм у дозі 4 мг/кг маси тіла – на 9,4 % порівняно з контрольною групою курей. На 14-у добу досліду фагоцитарне число в дослідних групах курей коливалось в межах $3,73 \pm 0,07$ – $3,87 \pm 0,09$ од. Найнижчим фагоцитарне число було на 21-у добу досліду у двох дослідних групах курей, де порівняно з контрольною групою курей цей показник знизився на 16,6 % у першій дослідній групі курей та на 18,4 % у другій дослідній групі курей.

Висновки

Навантаження курей-несучок Кадмієм сприяло пригніченню імунної системи, на що вказує зниження її клітинної, гуморальної та неспецифічної ланки. Пригнічення клітинного імунітету супроводжувалося зменшенням кількості Т- і В-лімфоцитів у крові курей-несучок дослідних груп, що вказує про пригнічення лімфоїдної системи імунітету і зниження резистентності організму. Антимікробна активність сироватки крові протягом усього досліду знижувалася, на що вказує зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові у хворої птиці. Високий рівень циркулюючих імунних комплексів у сироватці крові курей-несучок вказує на пригнічення імунореактивної системи організму внаслідок приєднання специфічних антитіл до продуктів метаболізму за умов кадмієвого навантаження. Пригнічення неспецифічної ланки імунної системи проявляється зниженням фагоцитарної активності нейтрофілів та зменшенням фагоцитарного числа.

Перспективи подальших досліджень. У перспективі планується провести дослідження щодо впливу Кадмію на стан антиоксидантного захисту організму курей-несучок.

References

1. Al-Azemi, M., Omu, F. E., Kehinde, E. O., Anim, J. T., Oriowo, M. A., & Omu, A.E. (2010). Lithium protects against toxic effects of cadmium in the rat testes. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 27 (8), 469–476. doi: 10.1007/s10815-010-9426-3.
2. Ali, M. M., Murthy, R. C., & Chandra, S. V. (1986). Developmental and longterm neurobehavioral toxicity of low-level in utero Cd exposure in rats. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology*, 8 (5), 463–468.
3. Antoniuk, H. L., Biletska, L. P., & Babych, N. A. (2010). Kadmii v orhanizmi liudyny i tvaryn. Nadkhodzhenia do klityn i yikh akumulatsiia. *Biologichni Studii. Studia Biologica*, 4 (2), 127–140 [In Ukrainian].
4. El-Shahat, A. E., Gabr, A., Meki, A. R., & Mehana, E. S. (2009). Altered testicular morphology and oxidative stress induced by cadmium in experimental rats and protective effect of simultaneous green tea extract. *International Journal of Morphology*, 27 (3), 757–764. doi: 10.4067/S0717-95022009000300020.
5. Fregoneze, J. B., Marinho, C. A., Soares, T., Castro, L., Sarmento, C., Cunha, M., Gonzalez, V., Oliveira, P., Nascimento, T., Luz, C. P., Santana, Jr. P., De-Oliveira, I. R., & e-Castro-e-Silva, E. (1997). Lead (Pb²⁺) and cadmium (Cd²⁺) inhibit the dipsogenic action of central beta-adrenergic stimulation by isoproterenol. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30 (3), 419–423. doi: 10.1590/S0100-879X1997000300018.
6. Guttyj, B. V., Murs'ka, S. D., Gufrij, D. F., Hariv, I. I., Levkivs'ka, N. D., Nazaruk, N. V., Gajdjuk, M. B., Pryjma, O. B., Bilyk, O. Ja., & Guta, Z. A. (2016). Influence of cadmium loading on the state of the antioxidant system in the organism of bulls. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 24 (1), 96–102. doi: 10.15421/011611.
7. Hutyj, B. V. (2013). Vmist vitaminiv A i E u krovi bychkiv za umov kadmiievoi intoksykatsii. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Veterynarna Medytsyna*, 2, 31–33 [In Ukrainian].
8. Hutyj, B. V. (2013). Vplyv E-selenu na vmist vitaminiv A i E u krovi bychkiv za umov kadmiievoi intoksykatsii. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 15, 3 (3), 311–314 [In Ukrainian].
9. Hutyj, B. V. (2013). Vplyv khlorydu kadmiiu u riznykh dozakh na aktyvnist aminotransferaz syrovatky krovi buhaitsiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii im. Gzhytskoho*, 15, 1 (1), 49–52 [In Ukrainian].
10. Lavryshyn, Y., & Guttyj, B. (2019). Protein synthesize function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (94), 92–96. doi: 10.32718/nvlvet9417.

11. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Palyadichuk, O., & Vishchur, V. (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (88), 108–114. doi: 10.32718/nvlvet8820.
12. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Paziuk, I., Levkivska, N., Romanovych, M., Drach, M., & Lisnyak, O. (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (95), 107–111. doi: 10.32718/nvlvet9520.
13. Liu, J., Qian, S. Y., Guo, Q., Jiang, J., Waalkes, M. P., Mason, R. P., & Kadiiska, M. B. (2008). Cadmium generates reactive oxygen- and carbon-centered radical species in rats: Insights from in vivo spin-trapping studies. *Free Radical Biology and Medicine*, 45 (4), 475–481. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2008.04.041.
14. Lu, J., Jin, T., Nordberg, G., & Nordberg, M. (2005). Metallothionein gene expression in peripheral lymphocytes and renal dysfunction in a population environmentally exposed to cadmium. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 206 (2), 150–156. doi: 10.1016/j.taap.2004.12.015.
15. Melnychuk, D. O., Melnykova, N. M., & Derkach, Ye. A. (2004). Vikovi osoblyvosti kumuliatsii kadmiiu v orhanakh otruienykh shchuriv i zminy pokaznykiv kyslotnoluzhnoho stanu krovi za riznykh umov antyoksydantnoho zakhystu orhanizmu. *Ukrainskyi Biokhimichnyi Zhurnal*, 95–99 [In Ukrainian].
16. Nazaruk, N., Gutyj, B. V., & Hufriy, D. (2015). Influence of metifen and vitamix se on the activity of aminotransferases of bulls blood serum at cadmium nitrate loading. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 17 (1), 121–126 [In Ukrainian].
17. Ostapyuk, A. Y., & Gutyj, B. V. (2018). Influence of cadmium loading on morphological parameters of blood of the laying hens. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (88), 48–52. doi: 10.32718/nvlvet8808.
18. Peng, L., Wang, X., Huo, X., Xu, X., Lin, K., Zhang, J., Huang, Y., & Wu, K. (2015). Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (16), 12323–12331. doi: 10.1007/s11356-015-4533-4.
19. Rodríguez, E. M., Bigi, R., Medesani, D. A., Stella, V. S., Greco, L. S. L., Moreno, P. A. R., Monserrat, J. M., Pellerano, G. N., & Ansaldo, M. (2001). Acute and chronic effects of cadmium on blood homeostasis of an estuarine crab, *Chasmagnathus granulata*, and the modifying effect of salinity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34 (4), 509–518.
20. Salvatori, F., Talassi, C. B., Salzgeber, S. A., Sipinosa, H. S., & Bernardi, M. M. (2004). Embryotoxic and long-term effects of cadmium exposure during embryogenesis in rats. *Neurotoxicology and Teratology*, 26 (5), 673–680. doi: 10.1016/j.ntt.2004.05.001.
21. Uetani, M., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Okubo, Y., Honda, R., Kido, T., & Nogawa, K. (2005). Selenium, cadmium, zinc, copper, and iron concentrations in heart and aorta of patients exposed to environmental cadmium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75 (2), 246–250. doi: 10.1007/s00128-005-0744-6.
22. Vlizlo, V. V. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnystvi ta veterynarniy medytsyni*. Spolom, Lviv [In Ukrainian].
23. Vorozhenko, V. V., Skalskyi, Yu. M. (2011). Hihienichna otsinka ryzykiv vplyvu neradiatsiinykh antropohennykh chynnykiv na stan zdorovia naselennia Ukrainy. *Odeskyi Medychnyi Zhurnal*, 5 (127), 4–8 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 24.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Остап'юк А. Ю., Гутий Б. В. Вплив кадмієвого навантаження на імунний статус організму курей-несучок. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 252–259.

© Остап'юк Андрій Юрійович, Гутий Богдан Володимирович, 2020



review article | UDC 636.7:616.31:611 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.30

TREATMENT OF DOG CARIES-PULPIT DISEASES

B. P. Kyrychko
I. V. Hudoliiy*
T. V. Zvenihorodska

 ORCID  [0000-0003-1463-5501](https://orcid.org/0000-0003-1463-5501)

 ORCID  [0000-0003-3126-3527](https://orcid.org/0000-0003-3126-3527)

 ORCID  [0000-0002-4186-5700](https://orcid.org/0000-0002-4186-5700)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: ilona.hudolii@gmail.com

At present the field of animals' endodontic treatment is insufficiently covered in Ukrainian scientific literature, but occupies an important place in dental treatment. Therefore, our aim was to collect reports from foreign and domestic veterinary publications concerning pulp involvements in dogs. Many of these materials were taken from humane medicine, namely humane dentistry. Endodontic treatment is required if the pulp is inflamed and pathogenic or conditional pathogenic micro-flora entered the root canal. Most often, pulpitis is caused by mechanical injury to the teeth. A fractured tooth root causes acute traumatic pulpitis. Splitting of the tooth crown can lead to chronic fibrous pulpitis. The treatment of the root canal consists of two main stages: instrumental treatment and root canal filling. Instrumental treatment consists of cleaning up the root canal from the pulp remnants or its decay, softened infected dentine, foreign particles. Practicing veterinary dentists most often use the "step back" technique for root canal treatment as it involves the using of hand tools only. This technique has three stages and consists of cleaning up and expanding the tooth root canal. At pulpitis or periodontitis, tissue decay products and microbial toxins are accumulated in the root canal and apical periodontium, which requires high quality medical treatment of the canals, which is carried out both simultaneously with instrumental treatment and after its conducting. It is necessary to wash the canals for at least 15–20 minutes per canal using 3 % sodium hypochlorite and 3% hydrogen peroxide solution alternately for 3 minutes each. The final stage in tooth endodontic treatment is inserting a permanent filling. For this purpose, different filling materials are used, which also came from humane dentistry. It is best to use light polymerization composites, as they have approximately the same expansion coefficients at temperature changes and the closest mechanical strength, which is almost the same as healthy tooth enamel.

Key words: pulpitis, tooth injury, filling, caries, dogs.

ЛІКУВАННЯ КАРІОЗНО-ПУЛЬПІТНИХ УРАЖЕНЬ ЗУБІВ У СОБАК

Б. П. Киричко, І. В. Худолій, Т. В. Звенігородська,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

На сьогодні у вітчизняних літературних джерелах недостатньо досліджена проблема ендодонтичного лікування зубів у собак. Тому нашою метою було зібрати повідомлення іноземних та вітчизняних ветеринарних видань, що стосувалися пульпітних уражень зубів у собак. Ендодонтичне лікування необхідне, якщо пульпа запалена і до кореневого каналу потрапила патогенна, чи умовно-патогенна, мікрофлора. Найчастіше пульпіт спостерігається через механічне пошкодження зубів. Перелом коронки зуба призводить до гострого травматичного пульпіту. Відкол коронкової частини зуба може спричинити хронічний фіброзний пульпіт. Лікування каналу зуба складається з двох основних етапів: інструментальна обробка і пломбування кореневих каналів. Інструментальна обробка

полягає в очищенні кореневого каналу від залишків пульпи або її розпаду, розм'якшеного інфікованого дентину, сторонніх часток. Практикуючі ветеринарні стоматологи найчастіше для обробки кореневих каналів використовують техніку «step back», оскільки вона передбачає використання лише ручних інструментів. Техніка «step back» складається з трьох етапів та полягає в очищенні і розширенні кореневого каналу зуба. При пульпіті або періодонтиті в кореновому каналі та верхівковому періодонті накопичуються продукти розпаду тканин та мікробних токсинів, що потребує якісної медикаментозної обробки каналів, яка проводиться як одночасно з інструментальною обробкою, так і після її виконання. Мити канали необхідно не менше ніж 15–20 хвилин на кожен канал з використанням 3 % гіпохлориту натрію та 3 % розчину перекису водню поперемінно по 3 хвилини кожний. Завершальним етапом у ендодонтичному лікуванні зуба є постановка постійної пломби. Для цього використовують різні пломбувальні матеріали, які застосовують також у гуманній стоматології. Найліпше використовувати композити світлової полімеризації, вони мають приблизно однакові коефіцієнти розширення при зміні температури та найближчу механічну міцність, майже таку ж, як емаль здорового зуба.

Ключові слова: пульпіт, травмування зуба, пломбування, карієс, собаки.

ЛЕЧЕНИЕ КАРИОЗНО-ПУЛЬПИТНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ЗУБОВ У СОБАК

Б. П. Киричко, И. В. Худолый, Т. В. Звенигородская,

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

На сегодняшний день в отечественных литературных источниках довольно мало изложено информации относительно эндодонтического лечения зубов у собак. Поэтому нашей целью было собрать сообщения иностранных и отечественных ветеринарных изданий, которые касались пульпитных поражений зубов у собак. Многие из приведенных материалов будет взято из гуманной медицины, а именно из гуманной стоматологии. Эндодонтическое лечение необходимо, если пульпа воспалена и в корневой канал попала патогенная, или условно-патогенная, микрофлора. Мы благодарны врачам и клиникам, которые провели статистические исследования и поделились информацией. Как отмечают эти иностранные издания, у собак чаще наблюдаются не кариозные поражения зубов. Чаще всего пульпит вызывается механическим повреждением зубов. Перелом коронки зуба вызывает острый травматический пульпит. Откол коронковой части зуба может вызвать хронический фиброзный пульпит. Лечение канала зуба состоит из двух основных этапов: инструментальная обработка и пломбирование корневых каналов. Инструментальная обработка заключается в очистке кореневого канала от остатков пульпы или ее распада, размягченного инфицированного дентина, посторонних частиц. Практикующие ветеринарные стоматологи чаще всего для обработки корневых каналов используют технику «step back», так как она предполагает использование только ручных инструментов. При пульпите или периодонтите в корневом канале и верхушечном периодонте накапливаются продукты распада тканей и микробных токсинов, при этом есть нужда в качественной медикаментозной обработке каналов, которая проводится как одновременно с инструментальной обработкой, так и после ее выполнения. Мыть каналы необходимо не менее 15–20 минут на каждый канал с использованием 3 % гипохлорита натрия и 3 % раствора перекиси водорода попереминно по 3 минуты каждый. Заключительным этапом в эндодонтическом лечении зуба является постановка постоянной пломбы. Для этого используют различные пломбировочные материалы, которые пришли также с гуманной стоматологии. Лучшие использовать композиты световой полимеризации, они имеют примерно одинаковые коэффициенты расширения при изменении температуры и близкую механическую прочность, почти такую же, как и эмаль здорового зуба.

Ключевые слова: пульпит, травма зуба, пломбирование, карієс, собаки.

Сфера ендодонтичного лікування у тварин недостатньо висвітлена у вітчизняній літературі, але займає важливе місце у стоматологічному лікуванні. Пульпіт як захворювання судинно-нервового пучка зуба можна сміливо вважати ускладненням карієсу. Карієс у тварин або перелом коронкової частини зуба може призвести до пульпіту. Саме з цього моменту необхідне ендодонтичне лікування, бо якщо не втрутитися, це призведе до більш серйозних проблем – запалення навколишніх тканин тобто запалення періодонту та парадонту. Часто запалення тканин періодонту та парадонту веде до

неминучого видалення зуба. Останнім часом ендодонтичне лікування не зазнало суттєвих змін. Усі методи та матеріали були відомі ще на початку століття. Ми можемо говорити про вдосконалення наявних методів лікування, вдосконалення технічного оснащення та інструменту для лікаря. Звісно, все це дає можливість надавати допомогу пацієнту більш якісно та з меншими ризиками.

Зі свого боку практикуючий лікар повинен уміти використовувати існуючі знання та вміло застосовувати їх у практиці. На цьому розвиток лікаря не припиняється, як і розвиток галузі. Впроваджуючи нові думки, ідеї та методи лікування, можна розвивати ендодонтичне лікування та висвітлювати ще не описані, але так потрібні питання в ендодонтичному лікуванні тварин. Зворотний бік, який можна вважати провалом лікування або наслідком незадовільного ендодонтичного втручання, – це видалення зуба. Це теж є стимулом для розвитку лікаря як фахівця, адже всі хочуть надавати допомогу з більшим відсотком успішно проведених втручань.

Анатомія зубощелепної системи собак. Спочатку треба визначитися з областю втручання, анатомічними особливостями та з тим, як проводиться комунікація між лікарями для обміну знаннями та досвідом у цій галузі.

Зубні формули молочних і постійних зубів у собак є такими:

- молочні зуби: (3 верхніх / 3 нижніх різця, 1 верхній / 1 нижній клик, 3 верхніх / 3 нижніх премоляра) $\times 2 = 28$ зубів;
- постійні зуби: (3 верхніх / 3 нижніх різця, 1 верхній / 1 нижній клик, 4 верхніх / 4 нижніх премоляра, 2 верхніх / 3 нижніх моляра) $\times 2 = 42$ зубів [15].

Для визначення зуба у ветеринарній стоматології найчастіше користуються модифікованою системою Тріадана. За допомогою цієї системи можна легко позначити певний зуб в умовах розмови між лікарями та пояснити пацієнту.

Кожний квадрант має свою нумерацію:

- правий верхній квадрант = 100 (500 – якщо молочні зуби);
- лівий верхній квадрант = 200 (600 – якщо молочні зуби);
- лівий нижній квадрант = 300 (700 – якщо молочні зуби);
- правий нижній квадрант = 400 (800 – якщо молочні зуби) [15, 16].

Також кожен зуб має номер у межах квадранта. Нумерація зубів починається від цифрового значення 01 для першого різця і продовжується від медіального в дистальному напрямку. Оскільки собаки мають повний набір постійних премолярів, зуби верхньої щелепи мають нумерацію від 01 до 10, а зуби нижньої щелепи – від 01 до 11. Так при позначенні певного зуба враховується квадрант та номер зуба в цьому квадранті. Наприклад, постійний лівий верхній клик має позначення 204.

Клінічне значення формул та часу появи зубів дає змогу розпізнавати патологію, пов'язану з відсутністю або зайвою кількістю зубів. Визначення типу зубів також важливо для записування до історії хвороби стоматологічних маніпуляцій.

Молочний зуб можна відрізнити від постійного за його формою та меншим розміром порівняно з постійними зубами. Форма молочних премолярів часто нагадує форму постійних зубів, що розміщуються безпосередньо за молочними зубами. Наприклад, форма коронки молочного четвертого премоляра верхньої щелепи має форму коронки постійного першого премоляра [16, 17].

Ендодонтія є розділом терапевтичної стоматології, де вивчаються анатомія, гістологія, захворювання та лікування кореневих каналів, судинно-нервового пучка зуба – пульпи [1, 2, 5]

Кожен зуб має порожнину, яка заповнена пульпою. Запалення пульпи називається пульпітом. Спричинити пульпіт можуть різні чинники. Це може бути ускладнення карієсу, як було зазначено вище. Це може бути механічне пошкодження зуба – перелом коронкової частини. У тварин найчастіше трапляється останнє, що призводить до гострого травматичного пульпіту зуба. Такі ж дані наводять зарубіжні вчені, близько 27 % звернень зі стоматологічними проблемами припадає на зламані зуби, у 10 % собак має місце запалення пульпи [5, 6].

За здоров'я тварин відповідають їх власники. Часто вони не звертають на це уваги, вважаючи дрібницею відламаний зуб, але тварина відчуває біль. До пульпової камери потрапляє умовно-патогенна мікрофлора. Далі розвивається класична картина запалення. Після відмирання пульпи продукти розпаду та агресивна мікрофлора проникають за межі кореня спричиняючи періодонтити, флегмони, периапікальні абсцеси, риніти, синусіти, кон'юнктивіти.

У широкому розумінні під ендодонтією потрібно розуміти одонтохірургічне втручання всередині зуба з метою його збереження, з подальшим відновленням форми та функції зуба терапевтичними

(пломбування), або ортопедичними методами [4, 5, 6].

Суть лікування полягає у видаленні пульпи, або вмістимого з кореневого каналу, знешкодженні мікрофлори і продуктів її життєдіяльності, канал повинен бути пройденим до апікальної верхівки кореня та оброблений таким чином, щоб лікарю було зручно проводити якісну obturaцію кореневого каналу [8, 10].

Ці етапи ендодонтичного лікування неможливо провести без відповідного обладнання, навичок та наявності сучасного ендодонтичного інструментарію, який має бути виготовлений з високоякісної, нержавіючої, біологічно нейтральної хромонікелевої сталі, згідно з вимогами Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) [3, 4].

Підготовка кореневого каналу до ендодонтичного лікування. Інструментальна обробка кореневого каналу в ендодонтичному лікуванні полягає у видаленні з каналу пульпи, гнилого розпаду, мікроорганізмів, формування циліндричної форми каналу від устя до апікального отвору [11, 12].

Очистка, розширення та формування кореневого каналу ручним та машинним способами можлива лише в разі вільного введення ендодонтичного інструментарію в канал, після правильного формування доступу до кореневого каналу [1, 25, 27].

Формування доступу до кореневих каналів. Мета створення доступу до кореневих каналів – це візуальний контакт, коли ми бачимо власними очима або через стоматологічне дзеркало устя кореневих каналів та дно порожнини зуба, а стінки каріозної порожнини і пульпової камери не мають піднурень. Доступ до кореневих каналів має повторювати форму коронкової частини зуба та відповідати реальним розмірам пульпової камери певного зуба. Формування доступу здійснюється за допомогою турбінки або мікромотора алмазним або твердосплавним бором залежно від ситуації [2, 14]. Роботи Williams C. A., Niemiec B. A. є прикладами доступу до кореневих каналів зуба при якому використовується сепараційний диск та робиться поперечний розпил коронкової частини зуба для кращого доступу до устя кореневого каналу [22, 30]. Такий спосіб має місце і в гуманній медицині, але втрата великої кількості твердих тканин зуба виправдана.

Визначення глибини (довжини) кореневого каналу. Цю процедуру проводять за допомогою рентгенографічного дослідження або менш точним методом – апекслокатором [9, 10, 15]. Рівень проходження кореневого каналу зуба визначають, уводячи кореневу голку або гутаперчевий штифт у кореневий канал та роблять знімок разом з інструментом. Межа верхівки інструменту вказує на глибину проходження каналу, перфорацію або вихід інструменту за апікальний отвір [11, 13].

За даними літературних джерел, лікарі-практики для обробки каналів використовують дві основні техніки: «step back» та «crown down» [21, 23, 24]. Ці методики сміливо можна назвати класикою в ендодонтичному лікуванні. Техніка «step back» – метод обробки кореневих каналів відрізняється тим, що для нього достатньо ручних інструментів: K – reamer, K – files, H – files, ендодонтичний шприц. У вигнутих каналах необхідними для роботи є K-flexofiles. Метою техніки «Step Back» є видалення вмістимого з кореневого каналу, розширення його апікальної частини, створення форми кореневого каналу в апікальній частині у вигляді апікального упору. Після визначення довжини кореневого каналу проводять його розширення, для цього застосовують найменший розмір інструменту (наприклад, 08 розмір файлу), і легкими обертальними рухами за годинниковою стрілкою обережно вводять інструмент до верхівки, а потім витягують його з кореневого каналу. Тобто за K-файлів застосовують обертальні (свердлувальні) рухи, вводячи інструмент у кореневий канал і пиляючі рухи – при вилученні з кореневого каналу. При видаленні вмісту і розширенні верхівкової частини кореневого каналу одним розміром файлу зазвичай роблять 1–2 рухи інструменту шляхом почергового введення і виведення їх з кореневого каналу. Після цього беруть наступний розмір файлу (10) і аналогічними рухами проводять очистку і розширення верхівкової частини кореневого каналу. Потім з метою видалення дентинних залишків і попередження закупорки верхівкової частини кореневого каналу знову повертаються до 08 розміру. Після цього розширюють кореневий канал файлом 15 розміру і знову повертаються до меншого розміру файлу (10 розмір) з метою попередження блокування кореневого каналу дентинними залишками. Кожен раз при збільшенні розміру файлу ендодонтичні маніпуляції повинні супроводжуватися постійним зрошенням кореневого каналу антисептиками з допомогою ендодонтичного шприця, що забезпечить повне видалення вмістимого з каналу [16, 17, 22].

Другий етап полягає в розширенні середньої частини кореневого каналу. Для цього кожен наступний розмір ендодонтичного інструменту вводиться на 1 мм коротше довжини кореневого каналу. Після кожного збільшення розміру файлу потрібно повертатися до попереднього, яким закінчили формування верхівкової частини кореневого каналу [30].

Третій етап обробки кореневого каналу – це робота над устям. Для цього застосовують один з великих розмірів файлів (наприклад 25 розмір), таким чином проводиться розширення коронкової частини кореневого каналу. Після завершення підготовки середньої та коронкової частини кореневого каналу приступають до вирівнювання уступів на стінці кореневого каналу, які утворилися на кордоні апікальної частини і середньої третини кореневого каналу через різну довжину ендодонтичних файлів. Це проводиться Н-файлом – дуже ефективним інструментом для механічної обробки каналів. Його беруть такого ж розміру або на розмір менше. Обережними рухами Н-файл просують уздовж кореневого каналу до верхівки кореня, а потім тягнучими рухами видаляють з кореневого каналу. При виведенні Н-файлу з кореневого каналу його гострі краї зрізують виступаючу частину сходинок і тим самим надають каналу рівну, гладку поверхню. При роботі з Н-файлом категорично забороняється обертати його в кореновому каналі через можливу поломку інструменту [18, 19, 26].

Кінцева мета при очищенні й розширенні каналу – створення конічної форми кореневого каналу, аж до верхівки кореня. Описана методика є основою, яка застосовується у всіх випадках при сучасній техніці обробки кореневого каналу.

Медикаментозна обробка кореневих каналів. Професор Ніколішин А. К. [14, 28, 29] стверджує, що при пульпіті або періодонтиті в кореновому каналі та верхівковому періодонтиті накопичуються продукти розпаду тканин та мікробних токсинів, у результаті чого розвивається гострий або хронічний запальний процес, що призводить до порушень функцій зуба, деструкції кісткової тканини, виникнення осередку хронічної інфекції та інтоксикації організму. Це потребує якісної медикаментозної обробки каналів, яка проводиться як одночасно з інструментальною, так і після її виконання [12, 20, 25].

Мити канали треба не менше ніж 15–20 хвилин на кожен канал. При цьому використовуючи 3 % гіпохлорит натрію та 3 % розчин перекису водню поперемінно по 3 хвилини кожний [4, 6].

Способи пломбування кореневого каналу. Існує кілька способів пломбування кореневого каналу: пломбування кореневого каналу однією пастою; спосіб центрального штифта або одного конуса; спосіб холодної конденсації гутаперчі; спосіб теплої латеральної конденсації гутаперчі; obturaція каналу гарячою гутаперчею; obturaція кореневих каналів системою «Термофіл». Лікар залежно від клінічної ситуації на власний розсуд вирішує яким методом obturaції кореневих каналів йому користуватися. Найважливіше – це повністю до апікального отвору запломбувати кореневий канал [1, 2, 3, 5, 7].

Реставрація коронкової частини зуба. Данилевський М. Ф. вважає, що завершальним етапом у ендодонтичному лікуванні зуба є постановка постійної пломби [8]. Для цього використовують різні пломбувальні матеріали, які застосовують також у гуманній стоматології. Найліпше використовувати композити світлової полімеризації. Вони дають достатньо часу для роботи і лікар сам вирішує, коли треба матеріалу затвердіти. Також у фотополімерів приблизно однакові коефіцієнти розширення при зміні температури, та вони мають найближчу механічну міцність, майже таку ж, як емаль [23, 29].

Висновки

Для вивчення цієї теми було оглянуто джерела з вітчизняної та іноземної літератури, також безліч джерел з гуманної медицини, оскільки вони мають багато спільного з ендодонтичним лікуванням зубів у ветеринарній медицині. У цій статті ми визначилися з місцем втручання та анатомічними особливостями зубів собак, щоб правильно визначити локалізацію патології та визначення ендодонтичного доступу. Для ефективного лікування кореневого каналу потрібно провести правильну його підготовку шляхом інструментальної обробки, визначити глибину та проводити механічну й медикаментозну обробку і закінчити якісним пломбуванням каналів та коронкової частини зуба. Узагальнюючи проведені дослідження літературних джерел, можемо зробити висновок про те, що на сьогодні ендодонтичне лікування зубів у собак в умовах вітчизняних клінік потребує вдосконалення. Відчувається нестача інформації. Багато знань ще треба здобути. Розкриваючи тему ендодонтичного лікування у собак, ми маємо перспективу навчитися більш якісно надавати послуги пацієнтам. Вивчивши глибше ендодонтію, ми можемо зробити відкриття у плані медикаментозного лікування пульпітів, застосовуючи нові матеріали та вивчаючи реакцію організму на них.

Перспективи подальших досліджень. З огляду на вищенаведене, перспективою наших подальших досліджень у ветеринарній стоматології є удосконалення відомих методик та використання при ендодонтичному втручанні препаратів, що відновлюють кісткову тканину та мають бактерицидну властивість.

References

1. Artyushkevich, A. S. (2006). *Zabolevaniya periodonta*. Moskva: Medicina [In Russian].
2. Borisenko, A. V., Nespryadko, V. P., & Borisenko, D. A. (2015). *Kompozicionnye plombirovochnye i oblicovochnye materialy*. Kyiv: VSI Medicina [In Russian].
3. Mamedova, L. A. (2005). *Iskusstvo endodontii*. Moskva; Medicinskaya kniga [In Russian].
4. Nikolaev, A. I., & Cepov, L. M. (2007). *Prakticheskaya terapevticheskaya stomatologiya*. Harkov: MEDpress-inform [In Russian].
5. Malanchuk, V. O. & Borisenko, A. V. (2009). *Osnovi stomatologiyi: pidruchnik (VNZ III—IV r. a.)*. Harkov: Medicina [In Ukrainian].
6. Nikolaev, A. I. & Cepov, L. M. (2014). *Prakticheskaya terapevticheskaya stomatologiya*. Moskva: MEDpress-inform [In Russian].
7. Abolmasov, N. N. & Nikolaev A. I. (2016). *Propedevtika stomatologicheskikh zabolevanij*. Moskva: MEDpress-inform [In Russian].
8. Danilevskij, N. F., Borisenko, A. V., Politun, A. M., Sidelnikova, L. F., & Nesin, A. F. (2011). *Propedevtika terapevtichnoyi stomatologiyi*. Kyiv: Medicina [In Ukrainian].
9. Borisenko, A. V., Nespryadko, V. P., & Borisenko, D. A. (2015). *Kompozicionnye plombirovochnye i oblicovochnye materialy*. Kiev: Medicina [In Ukrainian].
10. Borisenko, A. V., Antonenko, M. Yu., & Linovicka, L. V. (2017). Dental diseases: therapeutic dentistry. Kyiv: Medicina [In Ukrainian].
11. Leus, P. A. (2008). *Profilakticheskaya kommunalnaya stomatologiya*. Moskva: Medicinskaja kniga [In Russian].
12. Ber, R., Baumann, M., & Kim, S. (2006). *Endodontologiya. Atlas po stomatologii*. Moskva: MEDpress-inform [In Russian].
13. Asgary, S., Eghbal, M. J., & Ehsani, S. (2010). Periradicular regeneration after endodontic surgery with calcium-enriched mixture cement in dogs. *Journal of Endodontics*, 36 (5), 837–841. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.005.
14. Bahcall, J., Howard, P., Miserendino, L., & Walia, H. (1992). Preliminary investigation of the histological effects of laser endodontic treatment on the periradicular tissues in dogs. *Journal of Endodontics*, 18 (2), 47–51. doi: 10.1016/s0099-2399(06)81369-5.
15. Emily, P. (1998). Endodontic diagnosis in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 28 (5), 1189–1202. doi: 10.1016/s0195-5616(98)50109-x.
16. Girard, N., Southerden, P., & Hennet, P. (2006). Root canal treatment in dogs and cats. *Journal of Veterinary Dentistry*, 23 (3), 148–160. doi: 10.1177/089875640602300304.
17. Hennet, P., & Girard, N. (2005). Surgical endodontics in dogs: a review. *Journal of Veterinary Dentistry*, 22 (3), 148–156. doi: 10.1177/089875640502200301.
18. Hollard, R., Otibinifilno, J., Desousa, V., Nery, M., Bernabe, P., & Desanir, E. (2003). A comparison of one versus two appointment endodontic therapy in dogs' teeth with apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 29 (2), 121–124. doi: 10.1097/00004770-200302000-00009.
19. Lin, L. M., Rosenberg, P. A., & Lin, J. (2005). Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *The Journal of the American Dental Association*, 136 (2), 187–193. doi: 10.14219/jada.archive.2005.0140.
20. Lipski, M., Woźniak, K., Lichota, D., & Nowicka, A. (2011). Root surface temperature rise of mandibular first molar during root canal filling with high-temperature thermoplasticized Gutta-Percha in the dog. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14 (4), 591–595. doi: 10.2478/v10181-011-0088-6.
21. Mongillo, P., Pitteri, E., Candaten, M., & Marinelli, L. (2016). Can attention be taught? Interspecific attention by dogs (*Canis familiaris*) performing obedience tasks. *Applied Animal Behaviour Science*, 182, 30–37. doi: 10.1016/j.applanim.2016.05.018.
22. Niemiec, B. A. (2001). Treatment of mandibular first molar teeth with endodontic-periodontal lesions in a dog. *Journal of Veterinary Dentistry*, 18 (1), 21–25. doi: 10.1177/089875640101800103.
23. Petersson, K., Hasselgren, G., & Tronstad, L. (1985). Endodontic treatment of experimental root perforations in dog teeth. *Dental Traumatology*, 1 (1), 22–28. doi: 10.1111/j.1600-9657.1985.tb00554.x.
24. Rudolf, B., Michael, A. B., & Syngcuk, K. (2000). *Endodontology*. New York: Thieme Struttgart.
25. Sabeti, M. A., Nekofar, M., Motahhary, P., Ghandi, M., & Simon, J. H. (2006). Healing of apical periodontitis after endodontic treatment with and without obturation in dogs. *Journal of Endodontics*, 32 (7), 628–633. doi:10.1016/j.joen.2005.12.014.

26. Schwartz, R. (2006). Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system – the promise and the problems: a review. *Journal of Endodontics*, 32 (12), 1125–1134. doi: 10.1016/j.joen.2006.08.003.
27. Stein, K. E., Marretta, S. M., Siegel, A., & Vitoux, J. (2004). Comparison of hand-instrumented, heated gutta-percha and engine-driven, cold gutta-percha endodontic techniques. *Journal of Veterinary Dentistry*, 21 (3), 136–145. doi: 10.1177/089875640402100301.
28. Torneck, C. D., Smith, J. S., & Grindall, P. (1973). Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 35 (4), 541–554. doi: 10.1016/0030-4220(73)90012-1.
29. Trope, M., Yesilsoy, C., Koren, L., Moshonov, J., & Friedman, S. (1992). Effect of different endodontic treatment protocols on periodontal repair and root resorption of replanted dog teeth. *Journal of Endodontics*, 18 (10), 492–496. doi: 10.1016/s0099-2399(06)81349-x.
30. Williams, C. A. (1986). Endodontics. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 16 (5), 875–893. doi: 10.1016/s0195-5616(86)50306-5.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Киричко Б. П., Худолій І. В., Звенігородська Т. В. Лікування каріозно-пульпітних уражень зубів у собак. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 260–266.

© Киричко Борис Павлович, Звенігородська Таміла Владиславівна, Худолій Ілона Вікторівна, 2020



original article | UDC 631.361:631.53.01 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.31

KINEMATICS OF GRAIN MOVEMENT ON A SPIRAL DEVICE WITH VARIABLE ANGLE OF DESCENT

T. V. Samoilenko

V. M. Arendarenko

A. V. Antonets*

ORCID  [0000-0003-4756-6223](https://orcid.org/0000-0003-4756-6223)

ORCID  [0000-0003-0701-7983](https://orcid.org/0000-0003-0701-7983)

ORCID  [0000-0002-2332-6711](https://orcid.org/0000-0002-2332-6711)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: anatoliyantons1@gmail.com

Cylindrical tanks, called siloes, are used to store grain material. The height of such structures is limited by soil bearing capacity and does not exceed 30 ... 60 m. The loading of siloes with grain is usually conducted by gravitation method in a compact flow. In this case, the stability of functioning cylindrical tank capacities depends on certain internal and external factors. The internal factors include physical, mechanical and biological properties of grain material, and the external ones include environmental conditions and structural parameters of silo itself. The loading of siloes with a compact flow results in grain hitting concrete bottom and inner side surface of the structure and damaging. Under such loading, intensive settlement of damaged grain at the bottom of the silo is observed. This negative phenomenon leads to grain spoilage or death. To eliminate this drawback, various devices are used to reduce the speed of falling grain material to the bottom of silo. The purpose of this article is theoretical studies of grain material movement along the peripheral open screw channel (POSC) U – of the like shape. The descent angle (α) of screw channel constantly changes from the maximum value (α_{max}) to the minimum one (α_{min}). The angle α within 30 ... 40 degrees in the area of grain mass acceleration is accepted. In the lower part of the POSC, the angle α decreases and is 10...20 % smaller than α_{max} . This enables to stabilize the linear speed of grain movement. Practical experience has made it possible to draw up a scheme of forces affecting grain material, which, under the action of gravitational force, descends on a screw chute. The presented scheme of forces enables to consider the main and auxiliary factors, which influence this technological process. The equation, obtained using mathematical modeling, describes the speed of grain material movement along the POSC with a variable descent angle. The movement of grain material takes place at almost constant linear speed at the bottom of the device. When deriving the equation to determine the speed of grain movement on a spiral device with a variable angle of descent, there was a need in developing a stand to study the technological process of filling siloes with grain without its damaging

Key words: grain, silo, screw channel, angle of descent, equation of movement.

КІНЕМАТИКА РУХУ ЗЕРНА ПО СПІРАЛЬНОМУ ПРИСТРОЮ ЗІ ЗМІННИМ КУТОМ СПУСКУ

Т. В. Самойленко, В. М. Арендаренко, А. В. Антонєць,

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Для зберігання зернового матеріалу використовуються циліндричні ємності, котрі називаються силосами. Висота цих споруд обмежується несучою здатністю ґрунтів і не перевищує 30...60 м. Завантаження силосів зерном, як правило, відбувається гравітаційним способом компактним струме-

нем. При цьому стабільність функціонування ємностей циліндричної форми залежить від певних внутрішніх і зовнішніх факторів. До внутрішніх факторів відносяться фізико-механічні й біологічні властивості зернового матеріалу, а до зовнішніх – умови навколишнього середовища і конструктивно-технологічні параметри самого силосу. Завантаження силосів компактным струменем призводить до того, що зерно вдаряється об бетонне дно і внутрішню бокову поверхню споруди та травмується. При такому завантаженні відбувається інтенсивне осідання травмованого зерна в нижній частині силосу. Це негативне явище призводить до псування зерна або його гибелі. Для усунення цього недоліку використовуються різні пристрої, за допомогою яких зменшують швидкість падіння зернового матеріалу на дно силосу. Метою цієї роботи є теоретичні дослідження руху зернового матеріалу по периферійному відкритому гвинтовому каналі (ПВГК) U – схожій формі. При цьому кут спуску (α) гвинтового каналу постійно змінюється від максимального значення ($\alpha_{\max}$) до мінімального ($\alpha_{\min}$). На ділянці розгону зернової маси кут α приймається в межах $30...40^\circ$. У нижній частині ПВГК кут α зменшується і приймається на $10...20\%$ меншим від $\alpha_{\max}$. Це дає змогу стабілізувати лінійну швидкість руху зерна. Практичний досвід дозволив скласти схему сил, які діють на зерновий матеріал, що під дією гравітаційної сили спускається по гвинтовому жолобу. Ця схема сил дає змогу врахувати основні й допоміжні фактори, які впливають на цей технологічний процес. Рівняння, отримане на основі математичного моделювання, описує швидкість руху зернового матеріалу по ПВГК зі змінним кутом спуску. В нижній частині пристрою рух зернового матеріалу відбувається практично з постійною лінійною швидкістю. При складанні рівняння для визначення швидкості руху зерна по спіральному пристрою зі змінним кутом спуску виникла необхідність у розробці стенда для вивчення технологічного процесу заповнення силосів зерном без його травмування.

Ключові слова: зерно, силос, гвинтовий канал, кут спуску, рівняння руху.

КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНА ПО СПИРАЛЬНОМУ УСТРОЙСТВУ С ИЗМЕНЯЕМЫМ УГЛОМ СПУСКА

Т. В. Самойленко, В. М. Арендаренко, А. В. Антонец,

Полтавская государственная аграрная академия, ул. Г. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина

Для хранения зернового материала используются цилиндрические емкости. Загрузка силосов зерном, как правило, происходит гравитационным способом компактной струей. Зерно, ударяясь о внутреннюю поверхность сооружения, травмируется, что приводит к его порче. Для устранения этого недостатка используются различные устройства, с помощью которых уменьшают скорость падения зернового материала на дно силоса. Целью работы является теоретическое исследование движения зернового материала по периферийному открытому винтовому каналу (ПОВК) U-похожей формы. Составлена схема сил, действующих на зерновой материал, что под действием гравитационной силы спускается по винтовому желобу. Данная схема позволяет учесть основные и вспомогательные факторы, которые влияют на этот технологический процесс. Полученное уравнение описывает скорость движения зернового материала по ПОВК с переменным углом спуска. При составлении уравнения возникла необходимость в разработке стенда для изучения технологического процесса заполнения силосов зерном без его травмирования.

Ключевые слова: зерно, силос, винтовой канал, угол спуска, уравнение движения.

Вступ

Зерно – це жива біологічна система, в якій відбуваються різні фізіолого-біохімічні процеси, інтенсивність яких залежить від умов завантаження і зберігання зерна у сховищах [1–3, 6, 7, 21]. Професор Л. О. Трисвятський [13] встановив, що після нетривалого зберігання на ушкоджені зерні кількість бактерій в 3,5 рази більше, ніж у цілих.

Завантаження зерном високих ємностей (силосів) нині відбувається за рахунок потенціальної енергії зернового матеріалу. Падаючи зі значної висоти, зерно багаторазово вдаряється об бетонну основу споруди та його внутрішні бокові поверхні. Таке гравітаційне завантаження силосів зерновим матеріалом призводить до того, що в нижній частині ємностей накопичується зерно, котре має механічні пошкодження.

Травмоване зерно має знижену стійкість при його зберіганні [11]. Порушення цілісності зерна

призводить до різкого збільшення інтенсивності дихання, внаслідок більш вільного доступу повітря до клітин і розвитку мікроорганізмів на пошкоджених частинах зерна. При довготривалому зберіганні травмованого зерна внаслідок інтенсивного дихання виділяється велика кількість тепла, яке може спричинити самозігрівання зернової маси в нижній частині силосу, що призведе до псування зерна або його гибелі. Самозігрівання зерна в силосах може його обвуглити, спричинити повну втрату си-пучості зернової маси, яка інколи перетворюється на моноліт [7].

Гравітаційне завантаження силосів зерновим матеріалом призводить до більшого ущільнення зер-нового насипу та утворенню сегрегації [8, 19]. Ці явища негативно впливають на випускню здатність силоса і наслідком цього може бути зменшення економічної ефективності технологічного процесу завантаження та зберігання зерна [15, 17, 18].

Учені довели, що для зерна кожної культури і кожного сорту є своя мінімальна швидкість руху [5, 10, 12, 14], за якої починається його травмування. Отже, кількість механічних пошкоджень зерна, яке завантажується гравітаційним способом у циліндричні ємності, залежить від швидкості його падіння, а сама швидкість залежить від висоти падіння.

Метою цієї роботи є теоретичне дослідження руху зернового матеріалу по пристрою, зробленому як гвинтовий відкритий канал, який має можливість змінювати кути спуску. Основні *завдання*: зни-ження пошкодження зерна при його завантаженні в ємності значної висоти, зменшення втрат вро-жаю, котрий перебуває на зберіганні та збереженні насінневого матеріалу.

Матеріали і методи досліджень

На кафедрі технологій та обладнання переробних і харчових виробництв Полтавської державної аграрної академії був розроблений завантажувальний пристрій зі змінним кутом спуску для змен-шення травмування зерна (рис. 1). Спіральний завантажувальний пристрій кріпиться на внутрішній частині силосу і має можливість регулювати кути спуску зерна. Пристрій є периферійним відкритим гвинтовим каналом (ПВГК). Силос складається з ємності 1, яка має циліндричну форму, у верхній частині силосу знаходиться завантажувальний патрубок 2.

Завантажувальний патрубок 2 спрямовує зерновий потік від верхньої частини ємності 1 до внут-рішнього простору каналу 3. Тіло гвинтового каналу 3 утворено провертанням U-подібного профі-лю за гвинтовою лінією зі змінним кутом, який зменшується послідовно від найбільшого значення α_{max} (вибирається дещо більшим від динамічного кута тертя зернової культури, яка зберігається в си-лосі), і береться в межах 30...40 градусів. У нижній частині ПВГК кут α зменшується і береться на 10...20 % меншим від α_{max} .

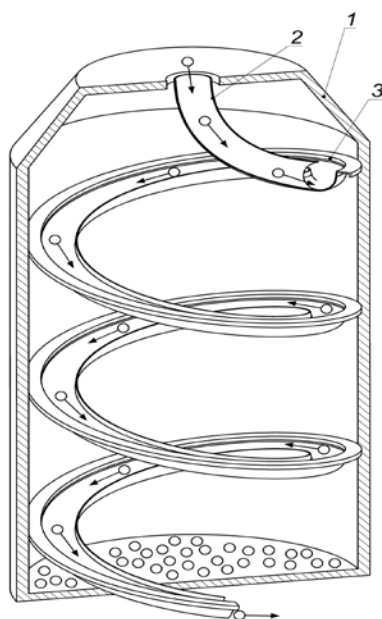


Рис. 1. Силос зі спіральним завантажувачем

Позначення: 1-циліндрична ємність; 2 – завантажувальний патрубок;
3 – периферійний відкритий гвинтовий канал

Силос функціонує таким чином. Зерно із завантажувального патрубку 2 самопливом переміщається до входу гвинтового каналу 2, у верхній частині якого під дією гравітації зерновий потік отримує суттєвий приріст своєї швидкості, зважаючи на значний кут спуску. Збільшення швидкості у верхній частині силосу обумовлено потребою забезпечити утворення зернових застоїв та забезпечити пересипання зерна через край зернового каналу 3 з подальшим неконтрольованим падінням у нижню частину ємності 1 з високою ймовірністю отримання механічних деформацій.

На початку свого руху по гвинтовій поверхні зерновий потік має певну потенційну енергію, котра під дією гравітаційної сили перетворюється на кінетичну енергію, а невелика її частина внаслідок тертя [20] витрачається на нагрів робочої поверхні гвинтового каналу. В подальшому теплова енергія розсіюється в середині силосу. Більша частина кінетичної енергії рухомого зернового потоку іде на завантаження силосу зерном.

Для нормального руху зернового потоку по жолобу гвинтової поверхні кут α у верхній частині ПВГК повинен бути більшим від кута природного відкосу ξ [22]. Така умова забезпечує утворення сталого зернового потоку. Пройшовши першу ділянку гвинтового каналу з кроком h_1 , швидкість зернового потоку зменшується, зважаючи на зменшення кута α . По досягненні кінцевої ділянки спуску зерновий потік плавно висипається в нижню частину ємності, заповнюючи рівномірно увесь її об'єм. При цьому швидкість сходу зерна з каналу 3 повною мірою зменшена, зважаючи на зменшення кута спуску від α_{max} до α_{min} . Плавне зменшення кута спуску запобігає виникненню критичних значень ударних сил зерна об стінки та днище ємності 1, що своєю чергою зменшує вірогідність механічного травмування зерна. По мірі заповнення ємності силосу 1 зерном засипається і гвинтовий канал 3.

Використання в циліндричних ємностях для зберігання зерна гвинтового каналу сприяє створенню протягом усього руху зернового потоку необхідного для виконання технологічного процесу градієнта швидкості. Створений цим пристроєм градієнт швидкості забезпечує безперешкодний та швидкий рух зернового потоку у верхній частині гвинтового каналу та сповільнення його в нижніх частинах пристрою. Така конструкція робочого органу мінімізує деформаційні руйнування зерна та значно зменшує рівень його травмування. На пристрій, що наведений на рис. 2, отриманий патент на корисну модель [9]. Він кріпиться на внутрішній стороні силосу і має можливість регулювати кути спуску зерна.

Для опису процесу руху зернового потоку по відкритому гвинтовому каналу, враховуючи взаємодію зерна з матеріалом, з якого виготовлений жолоб гвинтового каналу, ми використали такі припущення:

- рух зерна у гвинтовому жолобі відбувається суцільним потоком;
- відцентрові сили, котрі можуть виникати, не дуже впливають на характер руху і не враховуються в математичній моделі руху;
- між опорною поверхнею, по якій рухається маса зерна і по ній самій виникає сила тертя ковзання, яка визначається коефіцієнтом тертя для даного матеріалу і жолоба;
- при русі зернового матеріалу по гвинтовому жолобу не відбувається накопичення зернових мас у пристрої, у протилежному випадку відбувається втрата інерції руху.

Результати досліджень та їх обговорення

Використавши другий закон Ньютона [4, 16] для виділеного елементарного об'єму зернової маси складемо рівняння його руху уздовж профілю гвинтового каналу.

Розглянемо у плоскій системі координат дві точки з координатами А (x_0, y_0) і В (x_k, y_k). Необхідно визначити профіль гвинтового каналу зі змінним кутом спуску, по якому зернова маса буде спускатися від точки А до точки В. На початку процесу завантаження (точка А) зерновий матеріал знаходиться над ємністю, в результаті завантаження він опиняється в ємності в тому чи тому горизонтальному шарі, розміщеному нижче початкового положення (рис. 2).

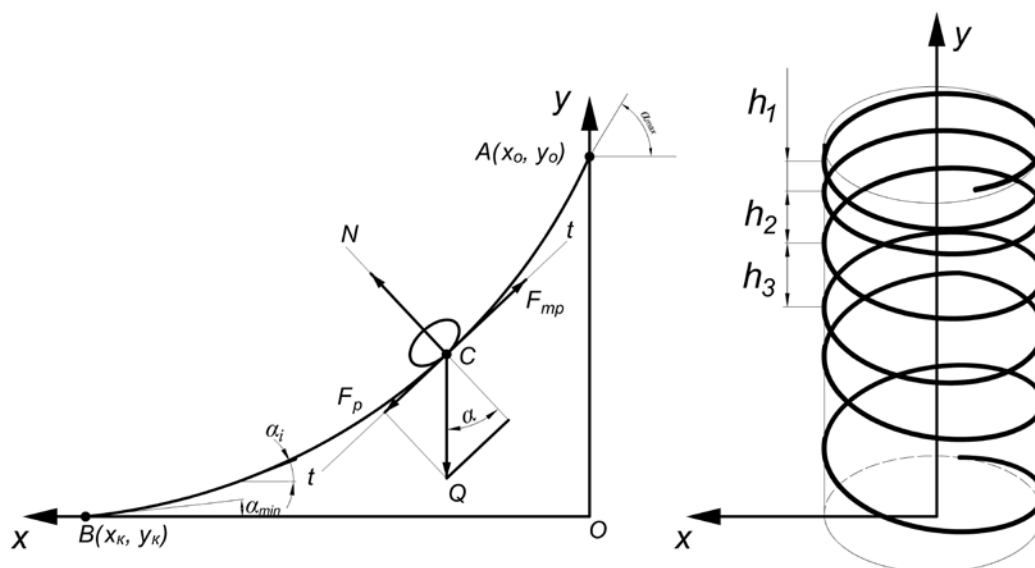


Рис. 2. Схема сил, що діють на елемент зернової маси під час руху по гвинтовій поверхні

Нехай зерновий матеріал, рухаючись по ПВГК, доходить до точки С. У цій точці на зернову масу діють три сили: вага виділеного елемента зернової маси Q , нормальна реакція гвинтового каналу N і сила тертя F_T [20].

Закон руху елемента зернової маси в напрямку дотичної, яка позначена на рис. 2, як вісь $t-t$ має вид:

$$m \frac{d^2 l}{dt^2} = Q \cdot \sin \alpha(l) - Q \cdot f_T \cdot \cos \alpha(l), \quad (1)$$

або

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = g \cdot \sin \alpha(l) - g \cdot f_T \cdot \cos \alpha(l)$$

Прийнявши, що $\alpha(l)$ змінюється за законом $\alpha(l) = -a \cdot l + \alpha_{\max}$, де a – постійний коефіцієнт, $\alpha_{\max}$ – найменший кут спуску.

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = g \cdot \sin(-a \cdot l + \alpha_{\max}) - g \cdot f_T \cdot \cos(-a \cdot l + \alpha_{\max})$$

Рознесемо диференціали по різні сторони рівняння та проінтегруємо:

$$\frac{d^2 l}{g \cdot \sin(-a \cdot l + \alpha_{\max}) - g \cdot f_T \cdot \cos(-a \cdot l + \alpha_{\max})} = dt^2 \quad (2)$$

або

$$\left(\int \frac{dl}{g \cdot \sin(-a \cdot l + \alpha_{\max}) - g \cdot f_T \cdot \cos(-a \cdot l + \alpha_{\max})} \right) dl = \left(\int dt \right) dt.$$

Введемо наступну заміну: $x = -a \cdot l + \alpha_{\max}$; $dx = -a \cdot dl$, тоді

$$\left(-\frac{1}{ag} \int \frac{dx}{\sin x - f_T \cos x} \right) dl = (t + C) dt. \quad (3)$$

Розглянемо лівий інтеграл. Введемо універсальну тригонометричну підстановку:

$$\left[\begin{aligned} tg \frac{x}{2} &= t \\ \sin x &= \frac{2t}{1+t^2} \\ \cos x &= \frac{1-t^2}{1+t^2} \\ dx &= \frac{2dt}{1+t^2} \end{aligned} \right] = -\frac{1}{a \cdot g} \int \frac{\frac{2}{1+t^2} dt}{\frac{2t}{1+t^2} - f_T \cdot \frac{1-t^2}{1+t^2}} = -\frac{1}{a \cdot g} \int \frac{2t}{2t - f_T + f_T \cdot t^2} = -\frac{2}{a \cdot f_T \cdot g} \int \frac{dt}{t^2 + \frac{2}{f_T} \cdot t - 1} =$$

$$= -\frac{2}{af_T g} \int \frac{dt}{\left(t^2 + \frac{2t}{f_T} + \frac{1}{f_T^2}\right) - \frac{1}{f_T^2} - 1} = -\frac{2}{af_T g} \int \frac{dt}{\left(t + \frac{1}{f_T}\right)^2 - \left(1 + \frac{1}{f_T^2}\right)}.$$

Використаємо табличний інтеграл:

$$\int \frac{dx}{x^2 - z^2} = \frac{1}{2z} \ln \left| \frac{x-z}{x+z} \right| + C, \text{ де } z = \frac{\sqrt{f_T^2 + 1}}{f_T}.$$

Ліва частина інтегралу набуде такого виду:

$$-\frac{2}{2af_T g \frac{\sqrt{f_T^2 + 1}}{f_T}} \ln \left| \frac{t + \frac{1}{f_T} - \frac{\sqrt{f_T^2 + 1}}{f_T}}{t + \frac{1}{f_T} + \frac{\sqrt{f_T^2 + 1}}{f_T}} \right| + C = \frac{-1}{ag\sqrt{f_T^2 + 1}} \ln \left| \frac{f_T t - \sqrt{f_T^2 + 1} + 1}{f_T t + \sqrt{f_T^2 + 1} + 1} \right| + C =$$

$$= -\frac{1}{ag\sqrt{f_T^2 + 1}} \ln \left| \frac{f_T tg \frac{x}{2} - \sqrt{f_T^2 + 1} + 1}{f_T tg \frac{x}{2} + \sqrt{f_T^2 + 1} + 1} \right| + C. \quad (4)$$

При $x = -al + \alpha_{\max}$ маємо:

$$-\frac{1}{ag\sqrt{f_T^2 + 1}} \ln \left| \frac{f_T tg \left(\frac{-al + \alpha_{\max}}{2} \right) - \sqrt{f_T^2 + 1} + 1}{f_T tg \left(\frac{-al - \alpha_{\max}}{2} \right) + \sqrt{f_T^2 + 1} + 1} \right| + C.$$

Тоді, повернувшись до формули 3, отримаємо:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{t + C}{-\frac{1}{ag\sqrt{f_T^2 + 1}} \ln \left| \frac{f_T tg \left(\frac{-al + \alpha_{\max}}{2} \right) - \sqrt{f_T^2 + 1} + 1}{f_T tg \left(\frac{-al + \alpha_{\max}}{2} \right) + \sqrt{f_T^2 + 1} + 1} \right|}$$

або

$$\frac{dl}{dt} = \frac{ag\sqrt{f_T^2 + 1} (t + C)}{\ln \left| \frac{f_T tg \left(\frac{-al + \alpha_{\max}}{2} \right) + \sqrt{f_T^2 + 1} + 1}{f_T tg \left(\frac{-al + \alpha_{\max}}{2} \right) - \sqrt{f_T^2 + 1} + 1} \right|}. \quad (5)$$

Спростивши вираз (5) отримаємо кінцеве значення миттєвої швидкості руху зернового потоку в

даний момент часу по відкритому гвинтовому каналу.

$$V = \frac{dl}{dt} = \frac{ag\sqrt{f_T^2 + 1} (t + C)}{\ln \left| 1 + \frac{2\sqrt{f_T^2 + 1}}{f_T \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 1 - \sqrt{f_T^2 + 1}} \right|}.$$

де C – довільна стала величина, яка визначається з умов: $t = 0; V = V_0$.

Висновки

З отриманого виразу маємо, що зі зменшенням кута α в ПВГК швидкість руху зернового потоку також зменшується і стабілізується. Це відбувається завдяки тому, що підштовхуюча сила верхніх шарів зернової маси зменшується і в нижній частині переходить зі змінної величини на більш постійну. В нижній частині пристрою рух зернового матеріалу відбувається практично з постійною лінійною швидкістю. Внаслідок чого зерно менше травмується, падаючи на дно силосу.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть направлені на обґрунтування необхідного темпу розгону зернової маси у верхній частині гвинтового каналу та зменшення швидкості руху зерна в нижній частині цього пристрою. Така задача розв'язуватиметься шляхом оптимізації за умови компромісу між швидкістю завантаження й теплою, що виділяється. Доцільно також розробити лабораторну установку з визначення ступеня пошкодження зерна, що падає на дно силосу.

References

1. Benson, D., & Uaytkhed, D. (1990). *Transport i dostavka грузов*. Moskva: Transport [In Russian].
2. Boumans, G. (1991). *Effektivnaya obrabotka i khraneniye zerna*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
3. Goryushinskiy, I. V., & Mosina, N. N. (2003). *Povysheniye kachestva funktsionirovaniya bunkernykh khranilishch uluchsheniyem ikh zagruzki. Puti povysheniya effektivnosti APK.: V 2-kh chastyakh. Chast' 2. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ufa: BGAAU [In Russian].
4. Khalfman, G. (1972). *Dinamika. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literaturi*. Moskva: Nauka [In Russian].
5. Mosina, N. N. (2003). *Metodika opredeleniya pokazateley protsessa zagruzki bunkera sypuchim materialom. Sovremennyye tekhnologii, sredstva mekhanizatsii i tekhnicheskoye obsluzhivaniye v APK: Sb. nauchn. tr. Povolzhskoy mezhvuzovskoy konferentsii*. Samara: SGSKHA [In Russian].
6. Mosina, N. N. (2004). *Sovershenstvovanie zagruzki hranilish i podvizhnogo sostava sypuchimi грузами (Na primere zernovykh грузов i produktov pomola). Candidate's thesis*. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Sankt-Peterburg, Pushkin [In Russian].
7. Punkov, S. P., & Starodubtsev, A. I. (1990). *Khraneniye zerna, elevatorno-skladskoye kharakterystyky i zernosusheniye. 2-ye izd. dop. i pererab.* Moskva: Agropromizdat [In Russian].
8. Samojlenko, T. V., Arendarenko, V. M., & Melnyk, V. I. (2019). *Teoretychne modelyuvannya protsesu hravitatsiynoho zavantazhennya sylosu zernom po vidkrytomu hvyntovomu kanali. Inzheneriya Pryrodokorystuvannya*, 2 (12), 73–78 [In Ukrainian].
9. Samojlenko, T. V., Ivanov, O. M., Melnyk, V. I., & Arendarenko, V. M. (2018). *Sylos zi spiralnym zavantazhuvachem: Patent Ukrainy № 129364*, Kyiv: Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti «Ukrpatent» [In Ukrainian].
10. Sevidzh, S. (1985). *Gravitatsionnoye techeniye nesvyazannykh granulirovannykh materialov. Mekhanika granulirovannykh sred: Techeniye bystrykh dvizheniy*. Moskva: Mir [In Russian].
11. Shatokhin, I. V. (1986). *Obosnovanie putey snizheniya travmirovaniya semyan kovshovymi elevatorami. Extended abstract of candidate's thesis*. Voronezh [In Russian].
12. Shatskiy, V. P., Orobinskiy, V. I., & Popov, A. Ye. (2015). *Modelirovaniye dvizheniya zernovogo potoka v gravitatsionnom separatore. Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvenogo Universiteta*, 4 (47), 72–79 [In Russian].
13. Trisvyatskiy, L. A. (1985). *Khraneniye zerna*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].

14. Tverdokhlib, I. V. (2017). Dynamika rukhu chastynky v sypkomu zernovomu seredovyshhi. *Vibracija v Tekhnici ta Tekhnologijakh*, 3 (86), 128–135 [In Ukrainian].
15. Vinokurov, K. V., & Nikonov, S. N. (2008). *Elevatory, sklady, zernosusharki: ucheb. posobie*. Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t [In Russian].
16. Yablonskiy, A. A., & Nikiforova, V. M. (2001). *Kurs teoreticheskoy mekhaniki. Uchebnik dlya tekhn. Vuzov, 8-ye izd., stereotipnoye*. Sankt-Peterburg: Lan [In Russian].
17. Moya, M., Aguado, P. J., & Ayuga, F. (2013). Mechanical properties of some granular agricultural materials used in silo design. *International Agrophysics*, 27 (2), 181–193. doi: 10.2478/v10247-012-0084-9.
18. Moya, M., Guaita, M., Aguado, P., & Ayuga, F. (2006). Mechanical properties of granular agricultural materials, part 2. *Transactions of the ASABE*, 49 (2), 479–489. doi: 10.13031/2013.20403.
19. Bishara, A. G., Ayoub, S. F., & Mahdy, A. S. (1983). Static pressures in concrete circular silos storing granular materials. *ACI Journal Proceedings*, 80 (3), 210–216.
20. Gao, M., Cheng, X., Hu, M., & Du, X. (2019). Simulation of static stress distribution of wheat piles in silos by the modified Cam-clay model. *International Agrophysics*, 33 (1), 11–19. doi:10.31545/intagr/103749.
21. Negi, S. C., Lu, Z., & Jofriet, J. C. (1997). A Numerical Model for Flow of Granular Materials in Silos. Part 2: Model Validation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68 (3), 231–236. doi: 10.1006/jaer.1997.0197.
22. Žurovec, D., Hlosta, J., Nečas, J., & Zegzulka, J. (2019). Monitoring bulk material pressure on bottom of storage using DEM. *Open Engineering*, 9 (1), 623–630. doi: 10.1515/eng-2019-0080.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Самойленко Т. В., Арендаренко В. М., Антонець А. В. Кінематика руху зерна по спіральному пристрою зі змінним кутом спуску. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 267–274.

© Самойленко Тетяна Володимирівна, Арендаренко Володимир Миколайович, Антонець Анатолій Вікторович, 2020

GENERALIZED MATHEMATICAL MODEL OF MOVEMENT OF A COMBINED SOWING MACHINE-TRACTOR UNIT

P. M. Yaroshenko^{1*}

ORCID  [000-0003-0112-0963](https://orcid.org/000-0003-0112-0963)

V. M. Arendarenko²

ORCID  [0000-0003-0701-7983](https://orcid.org/0000-0003-0701-7983)

¹ Sumy National Agrarian University, 160, Gerasima Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine

² Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: pashajarosh@i.ua

The quality of technological operations depends on the character of machine movement and, above all, on how the stability of operated movement is ensured. Even at a slight external action that causes the machine with elastic wheels to deviate from the original trajectory, it is possible to return to it only through the efforts of farm machine operator to the functioning system. The deviation of a wheeled vehicle from predetermined direction of movement can be a result of the action of external forces on elastic wheels, turns of directed wheels within spacing and deformation of steering parts, as well as inaccuracies in the work of farm machine operator. In this regard, ensuring guided straight movement of serial models of 30 kN class wheeled tractors is of great importance. Increasing the operating speeds of power-intensive tractors requires considerable effort and energy of farm machine operator to drive it. Thus, increasing the stability of combined sowing units' movement is an important scientific-applied task. The main aims of this work are to develop and improve theoretically generalized mathematical movement model of the sowing combined machine-tractor unit in the technological sowing process on the basis of 30 kN tillage tractor with a frame structure, as well as to analyze the influence of the dynamics of combined sowing technology components in rear tractor seeder while conducting technological process. To develop a mathematical model of a combined sowing unit movement, we will present it in the form of a three-element model and it will be used to calculate the second-order Lagrange equation. In making the mathematical model, six assumptions were adopted, which made it possible to simplify the solution of the problem, as well as to reject the factors that complicated the development of the mathematical model and practically do not affect the course of calculations. As a result of the work, it has been found that studying the stability of the unit movement can be performed on the basis of a three-mass model, which has linear characteristics of external resistances, without taking into account the slipping of propellers on the support surface. On the basis of the conducted theoretical researches it has been established that the obtained mathematical model enables to determine the limits of stability of the combined unit movement during the sowing process.

Keywords: machine-tractor unit, mathematical model, combined sowing unit, stability and controllability of movement, generalized coordinates.

УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ КОМБІНОВАНОГО ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ**П. М. Ярошенко¹, В. М. Арендаренко²,**¹ Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна² Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Якість технологічних операцій залежить від характеру руху агрегату і, насамперед, від того, як забезпечується стійкість керованого руху. Навіть при незначній зовнішній дії, яка спричинила відхилення машини з еластичними колесами від початкової траєкторії, повернення до неї можливе тільки в результаті докладання зусиль механізатором до системи керування. Відхилення колісної машини від заданого напрямку руху може бути наслідком дії зовнішніх сил на еластичні колеса, поворотів керованих коліс у межах зазору і деформації деталей рульового керування, а також неточностями роботи механізатора. Через це актуального значення набуває забезпечення керованого прямолінійного руху серійними моделями колісних тракторів класу 30 кН. Підвищення робочих швидкостей руху енергонасичених тракторів потребує від механізатора значних зусиль і витрат енергії на керування. Отже, підвищення стійкості руху комбінованих посівних агрегатів є важливим науково-прикладним завданням. Метою роботи є розробка теоретичної узагальненої математичної моделі руху комбінованого посівного машинно-тракторного агрегату на базі орно-просапного трактора в технологічному процесі сівби. Основними завданнями цієї роботи є проведення теоретичних досліджень і удосконалення математичної моделі стійкості руху посівного комбінованого агрегату на базі орно-просапного трактора класу 30 кН з рамною конструкцією остова, а також проаналізувати вплив динаміки складових частин комбінованого посівного агрегату при виконанні технологічного процесу з навішеними спереду культиватором та позаду трактора сівалкою. Для розробки математичної моделі руху комбінованого посівного агрегату представимо його як трьохелементну модель і будемо використовувати для розрахунку рівняння Лагранжа другого роду. При складанні математичної моделі були прийняті шість допущень, що дали змогу спростити розв'язання поставленої задачі, а також відкинути фактори, які ускладнюють розробку математичної моделі та на хід розрахунків практично не впливають. У результаті проведеної роботи було з'ясовано, що дослідження стійкості руху агрегату можна виконати на основі трьохмасової моделі, яка має лінійні характеристики зовнішніх опорів, без урахування буксування рушіїв по опорній поверхні. На основі проведених теоретичних досліджень встановлено, що отримана математична модель дає можливість визначати межі стійкості руху комбінованого агрегату при проведенні технологічного процесу сівби.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, математична модель, комбінований посівний агрегат, стійкість та керованість руху, узагальнені координати.

ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПОСЕВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**П. Н. Ярошенко¹, В. Н. Арендаренко²,**¹ Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина² Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Качество технологических операций зависит от характера движения агрегата и, в первую очередь, от того, как обеспечивается устойчивость управляемого движения. Даже при незначительном внешнем воздействии, которое вызывало отклонение машины с эластичными колесами от начальной траектории, возвращение к ней возможно только в результате приложения усилий механизатором к системе управления. В этой связи, актуальное значение приобретает обеспечение управляемого прямолинейного движения серийными моделями колесных тракторов класса 30 кН. Целью работы является разработка теоретической обобщенной математической модели движения комбинированного посевного машинно-тракторного агрегата на базе пахотно-пропашного трактора в технологическом процессе посева. Основными заданиями данной работы являются проведение теоретических исследований и усовершенствование математической модели устойчивости движения по-

севного комбінированного агрегата на базе пахотно-пропашного трактора класса 30 кН с рамной конструкцией остова, а также проанализировать влияние динамики составляющих комбинированного посевного агрегата при выполнении технологического процесса с навешенными спереди культиватором и сзади трактора сеялкой. Для разработки математической модели движения комбинированного посевного агрегата представим его в виде трехэлементной модели и будем использовать для расчета уравнение Лагранжа второго рода. При складывании математической модели были приняты шесть допущений, которые позволили упростить решение поставленной задачи. На основе проведенных теоретических исследований установлено, что полученная математическая модель дает возможность определять пределы устойчивости движения комбинированного агрегата при проведении технологического процесса посева.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, математическая модель, комбинированный посевной агрегат, устойчивость и управляемость движения, обобщенные координаты.

Вступ

Машинно-тракторний агрегат (МТА) як механічна система є з'єднанням однієї або декількох сільськогосподарських машин, передавального механізму (зчипки, гідрогака) і енергетичної частини (трактора). У цій роботі як енергетичну частину машинно-тракторного агрегату розглядаємо колісний орно-просапний сільськогосподарський трактор, що має озов (основу) у вигляді жорсткої рами з поперечними лонжеронами. На цій рамі змонтовані всі основні вузли трактора, зокрема й навісні системи (передня й задня).

При дослідженні стійкості та керованості руху різні за конструкціями та своїми функціональними призначеннями сільськогосподарські машинно-тракторні агрегати можна представити з'єднані елементарні кінематичні ланки, що допускають можливість горизонтальних переміщень одна відносно іншої. Науковці (Авдєєв В. М., Антощенков Р. В., Артёмов М. П., Гячев Л. В., Лебедев А. Т., Рославцев А. В. та інші) [1–6, 18–20], що проводили дослідження щодо стійкості руху сільськогосподарських МТА, використовували, як правило, багатомасові моделі з багатьма ступенями вільності.

Метою роботи є розробка теоретичної узагальненої математичної моделі руху комбінованого посівного машинно-тракторного агрегату на базі орно-просапного трактора в технологічному процесі сівби.

Основними завданнями цієї роботи є проведення теоретичних досліджень і удосконалення математичної моделі стійкості руху посівного комбінованого агрегату на базі орно-просапного трактора класу 30 кН з рамною конструкцією остова, а також проаналізувати вплив динаміки складових частин комбінованого посівного агрегату при виконанні технологічного процесу з навешеними спереду культиватором та позаду трактора сівалкою.

Матеріали і методи досліджень

Для оцінки стійкості руху використовувалися моделі з кутами повороту агрегатів один щодо одного та до прийнятих осей узагальнених координат, або моделі зі змінними координатами руху агрегату [7].

У зазначених вище дослідженнях проводився аналіз руху сільськогосподарських агрегатів, динамічні моделі яких подавалися як двох, трьох, чотирьох і п'яти елементні моделі.

Для розробки математичної моделі руху комбінованого посівного агрегату представимо його як трьохелементну модель і будемо використовувати для розрахунку рівняння Лагранжа другого роду [8]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i}, \quad (1)$$

де T – кінетична енергія системи; q_i – узагальнена координата; $\dot{q}_i$ – узагальнена швидкість; Q_i – узагальнена сила; Π – потенційна енергія системи.

При складанні математичної моделі були прийняті допущення, описані в роботах Авдєєва В. М., Антощенкова Р. В., Артёмова М. П. та ін. [1, 3, 5–9].

Для зручності в розробці математичної моделі введемо позначення:

- m_1 – маса сівалки;
- m_2 – маса трактора;
- m_3 – маса культиватора;

$m_1 + m_2 + m_3 = m$ – маса посівного комбінованого агрегату;

J_1 – момент інерції сівалки;

J_2 – момент інерції трактора;

J_3 – момент інерції культиватора;

$W_{лк}$ і $W_{пк}$ – сила опору коченню лівого і правого опорних коліс культиватора відповідно;

$W_{пл}$ і $W_{пп}$ – сила опору коченню лівого і правого передніх напрямних коліс трактора відповідно;

$W_{зл}$ і $W_{зп}$ – сила опору коченню лівого і правого задніх ведучих коліс трактора відповідно;

$W_{пс}$ і $W_{лс}$ – сила опору коченню лівого і правого опорно-приводних коліс сівалки відповідно;

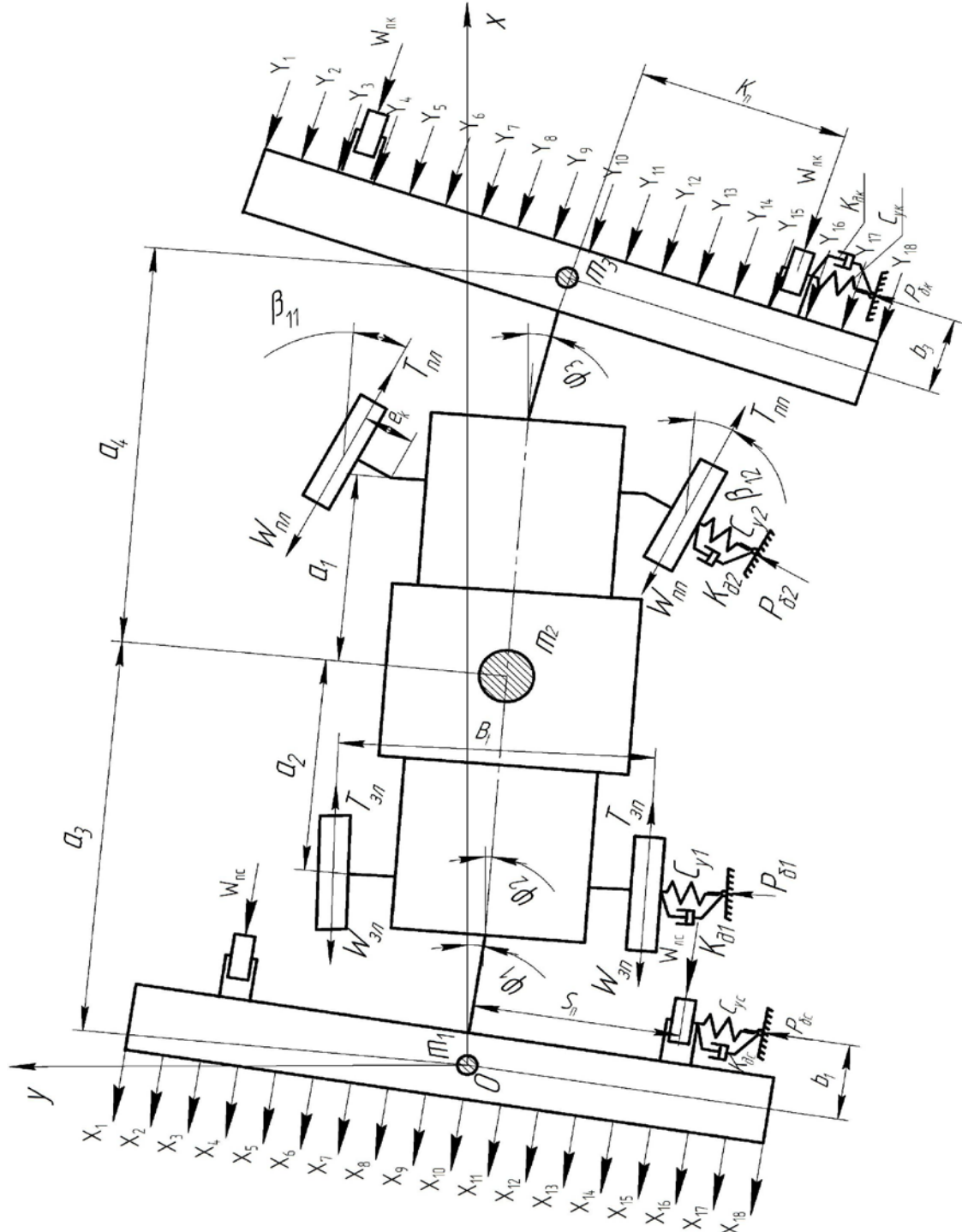


Рис. 1. Динамічна модель комбінованого посівного агрегату

$T_{пл}$ і $T_{пп}$ – сила тяги лівого і правого передніх коліс трактора відповідно;
 $T_{зл}$ і $T_{зп}$ – сила тяги лівого і правого задніх коліс трактора відповідно;
 $C_{ук}$ і $C_{ус}$ – коефіцієнти бічної жорсткості шин культиватора і сівалки відповідно;
 C_{y1} і C_{y2} – коефіцієнти бічної жорсткості шин задніх і передніх коліс трактора відповідно;
 $K_{ок}$, $K_{ос}$ – коефіцієнти демпфування шин культиватора й сівалки відповідно;
 $K_{ол}$, $K_{ос}$ – коефіцієнти демпфування шин задніх і передніх коліс трактора відповідно;
 $P_{ок}$ і $P_{ос}$ – зусилля бічному уводу коліс культиватора й сівалки відповідно;
 $P_{ол}$ і $P_{ос}$ – зусилля бічному уводу задніх і передніх коліс трактора відповідно;
 $Y_1 \dots Y_{18}$ – проєкція сил опору секцій культиватора на вісь X ;
 $X_1 \dots X_{18}$ – проєкція сил опору секцій сівалки на вісь X ;
 C_{12} – жорсткість зчипки між трактором і сівалкою при обертальному русі;
 C_{23} – жорсткість зчипки між трактором і культиватором при обертальному русі;
 $B, e_k, b_c, b_k, b_1, b_3, S_0, K_0, a_1, a_2, a_3, a_4$ – геометричні розміри агрегату.

Як узагальнені координати системи прийняті: лінійні координати центру мас сівалки $q_1 = x$ і $q_2 = y$; кут повороту сівалки φ_1 ; кут повороту рами трактора φ_2 ; кут повороту культиватора φ_3 .

Кінетична енергія системи (рис. 1) складається з кінетичної енергії поступального руху центру мас сівалки, кінетичної енергії обертального руху центру мас сівалки, кінетичних енергій поступального та обертального руху центру мас трактора і центру мас культиватора:

$$T = T_{1n_x} + T_{1n_y} + T_{1ob} + T_{2_x} + T_{2_y} + T_{2ob} + T_{3_x} + T_{3_y} + T_{3ob}, \quad (2)$$

де T_{1n_x} і T_{1ob} – кінетичні енергії поступального та обертального руху сівалки;

$$T_{1_x} = \frac{m_1(\dot{x})^2}{2}, \quad T_{1_y} = \frac{m_1(\dot{y})^2}{2} \quad \text{– кінетичні енергії поступального руху сівалки вздовж осей } OX \text{ та } OY \text{ відповідно;}$$

$$T_{2_x} = \frac{m_2(\dot{x})^2}{2}, \quad T_{2_y} = \frac{m_2(\dot{y})^2}{2} \quad \text{– кінетичні енергії поступального руху трактора вздовж осей } OX \text{ та } OY \text{ відповідно;}$$

$$T_{3_x} = \frac{m_3(\dot{x})^2}{2}, \quad T_{3_y} = \frac{m_3(\dot{y})^2}{2} \quad \text{– кінетичні енергії поступального руху культиватора вздовж осей } OX \text{ та } OY \text{ відповідно;}$$

$$T_{1ob} = \frac{J_1(\dot{\varphi}_1)^2}{2}, \quad T_{2ob} = \frac{J_2(\dot{\varphi}_2)^2}{2}, \quad T_{3ob} = \frac{J_3(\dot{\varphi}_3)^2}{2} \quad \text{– кінетичні енергії обертального руху сівалки, трактора й культиватора відповідно.}$$

Для опису динамічних зв'язків між елементами агрегату та між агрегатом і ґрунтом, будемо представляти їх як пружні зв'язки. Виразимо лінійні переміщення центрів мас трактора й культиватора через переміщення центру мас сівалки:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2, \\ y_2 &= y_1 + a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2, \\ x_3 &= x_2 + a_3 \sin \varphi_2 + a_4 \sin \varphi_3, \\ y_3 &= y_2 + a_3 \cos \varphi_2 + a_4 \cos \varphi_3, \end{aligned} \quad (3)$$

де φ_1 – кут між центральною віссю сівалки та віссю OX ; φ_2 – кут між центральною віссю рами трактора та віссю OX ; φ_3 – кут між центральною віссю культиватора та віссю OX ; β – кут повороту керуючих коліс.

Після деяких перетворень отримаємо вираз кінетичної енергії комбінованого посівного машинно-тракторного агрегату загалом:

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} m_1 ((\dot{x})^2 + (\dot{y})^2) + \frac{1}{2} J_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 ((\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2)^2 + (\dot{y} - \\ &- a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2)^2) + \frac{1}{2} J_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2} m_3 ((\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + \\ &+ a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3)^2 + (\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3)^2) + \frac{1}{2} J_3 (\dot{\varphi}_3)^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Підставивши значення кінетичних енергій (4) у рівняння (1), запишемо рівняння руху МТА таким чином:

$$\begin{aligned}
 & m_1 \ddot{x} + \frac{1}{2} m_2 (2\ddot{x} - 2a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + 2a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - 2a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + 2a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) + \frac{1}{2} m_3 (2\ddot{x} - \\
 & - 2a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + 2a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - 2a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + 2a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - 2a_3 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + 2a_3 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) + \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x - \frac{\partial \Pi}{\partial x}; \\
 & m_1 \ddot{y} + \frac{1}{2} m_2 (2\ddot{y} - 2a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - 2a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) + \frac{1}{2} m_3 (2\ddot{y} - \\
 & - 2a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - 2a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - 2a_3 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 - 2a_3 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) + \frac{\partial T}{\partial y} = Q_y - \frac{\partial \Pi}{\partial y}; \\
 & J_1 \ddot{\varphi}_1 + \frac{1}{2} m_2 (2\ddot{x} - a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 + a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) a_1 \cos \varphi_1 - 2(\dot{x} + a_1 \times \\
 & \times \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) a_1 \sin \varphi_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + \frac{1}{2} m_3 (2(\ddot{x} - a_1 \sin \varphi_1 \times \\
 & \times (\dot{\varphi}_1)^2 + a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + a_3 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3 - a_4 \sin \varphi_3 \times \\
 & \times (\dot{\varphi}_3)^2 + a_4 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) a_1 \cos \varphi_1 - 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) \times \\
 & \times a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_3 \times \\
 & \times (\dot{\varphi}_3)^2 - a_3 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3 - a_2 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 - a_2 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) a_1 \sin \varphi_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \\
 & - a_3 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1) + \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = Q_{\varphi_1} - C_{12}(\varphi_2 - \varphi_1); \\
 & \frac{1}{2} m_2 (2(\ddot{x} - a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) a_2 \cos \varphi_2 - 2(\dot{x} + a_1 \times \\
 & \times \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - 2(\dot{y} - a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2) a_2 \sin \varphi_2 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + J_2 \ddot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} m_3 (2(\ddot{x} - \\
 & - a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + a_3 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3 - \\
 & \times \ddot{\varphi}_2 - a_4 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + a_4 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) (a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2) + 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \times \\
 & \times \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) (-a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + 2(\dot{y} - a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_1 \times \\
 & \times \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_3 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_2 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) (-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2) + 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) (-a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = Q_{\varphi_2} - C_{12}(\varphi_2 - \varphi_1); \\
 & \frac{1}{2} m_3 (2(\ddot{x} - a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 + a_1 \cos \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 + a_2 \cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + a_3 \times \\
 & \times \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3 - a_4 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 + a_4 \cos \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) a_4 \cos \varphi_3 - 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \times \\
 & \times \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_4 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3 - 2(\dot{y} - a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_1 \sin \varphi_1 \ddot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_3 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - a_2 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 - a_2 \sin \varphi_3 \ddot{\varphi}_3) a_2 \sin \varphi_3 - 2(\dot{y} - \\
 & - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_2 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) + J_3 \ddot{\varphi}_3 = Q_{\varphi_3} - C_{23}(\varphi_3 - \varphi_2),
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\text{де } \frac{\partial T}{\partial x} = 0; \frac{\partial T}{\partial y} = 0;$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} &= \frac{1}{2} m_2 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 a_1) \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) \times \\ &\times a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1) + \frac{1}{2} m_3 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) \times \\ &\times a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1; \\ \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} &= \frac{1}{2} m_2 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 a_1) \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) \times \\ &\times a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} m_3 (2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) (-a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \\ &- a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3 - a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2)); \\ \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} &= \frac{1}{2} m_3 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_4 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3 - \\ &- 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_2 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3). \end{aligned}$$

Для визначення узагальнених сил, які відповідають узагальненим координатам, будемо використовувати інші математичні залежності. Радіус-вектор кожного елементу системи буде відповідною функцією:

$$\bar{r}_i = \bar{r}_i(x, y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (6)$$

Тоді можливе переміщення i -го елементу системи буде визначатись як диференціал складної функції декількох змінних:

$$\delta \bar{r}_i = \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial x} \delta x + \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial y} \delta y + \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial \varphi_1} \delta \varphi_1 + \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial \varphi_2} \delta \varphi_2 + \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial \varphi_3} \delta \varphi_3, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (7)$$

Зважаючи на це, елементарні роботи всіх активних сил, прикладених до точок механічної системи, на можливому її переміщенні в цьому випадку будуть визначатись виразом:

$$\sum \delta A_i = \sum_{i=1}^5 \bar{F}_i \delta \bar{r}_i, \quad (8)$$

де $\bar{F}_i$, $i = 1, 2 \dots 5$ – зовнішні сили, що діють на систему ($T_{пл}$, $T_{пп}$, $T_{зл}$, $T_{зп}$, $W_{лк}$, $W_{пк}$, $W_{пл}$, $W_{пп}$, $W_{зл}$, $W_{зп}$, $W_{пс}$, $W_{лс}$, $X_1 \dots X_{18}$, $Y_1 \dots Y_{18}$).

Тоді:

$$Q_i = \sum_{i=1}^5 \bar{F}_i \frac{\partial \bar{r}_i}{\partial q_i}. \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Q_x &= [-(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + \\ &X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + W_{лс} + W_{пс}) \cos \varphi_1 - P_{бс} \sin \varphi_1 + (T_{лз} + T_{пз} + \\ &+ W_{лз} + W_{пз}) \cos \varphi_2 + (T_{лн} - W_{лн}) \cos(\varphi_2 + \beta) + (T_{пн} - W_{пн}) \cos(\varphi_2 + \beta) - P_{б1} \sin \varphi_2 - \\ &- P_{б2} \sin(\varphi_2 + \beta) - (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + \\ &+ Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + W_{лк} + W_{пк}) \cos \varphi_3 - P_{бк} \sin \varphi_3] x; \end{aligned} \quad (10)$$

$$Q_y = \left[- (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + \right. \\ \left. + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + W_{\text{лс}} + W_{\text{нс}}) \sin \varphi_1 + P_{\delta c} \cos \varphi_1 + (T_{\text{лз}} + T_{\text{нз}} - \right. \\ \left. - W_{\text{лз}} - W_{\text{нз}}) \sin \varphi_2 + (T_{\text{лн}} - W_{\text{лн}}) \sin(\varphi_2 + \beta) + (T_{\text{нн}} - W_{\text{нн}}) \sin(\varphi_2 + \beta) + P_{\delta 1} \cos \varphi_2 - \right. \\ \left. - P_{\delta 2} \cos(\varphi_2 + \beta) - (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + \right. \\ \left. + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + W_{\text{лк}} + W_{\text{нк}}) \times \sin \varphi_3 + P_{\delta \kappa} \cos \varphi_3 \right] y; \quad (11)$$

$$Q_{\varphi_1} = \left(\frac{1}{2} X_1 b_c + \frac{4}{9} X_2 b_c + \frac{7}{18} X_3 b_c + \frac{1}{3} X_4 b_c + \frac{5}{18} X_5 b_c + \frac{2}{9} X_6 b_c + \frac{1}{6} X_7 b_c + \frac{1}{9} X_8 b_c + \right. \\ \left. + \frac{1}{18} X_9 b_c - \frac{4}{9} X_{18} b_c - \frac{7}{18} X_{17} b_c - \frac{1}{3} X_{16} b_c - \frac{5}{18} X_{15} b_c - \frac{2}{9} X_{14} b_c - \frac{1}{6} X_{13} b_c - \frac{1}{9} X_{12} b_c - \right. \\ \left. - \frac{1}{18} X_{11} b_c + (W_{\text{нс}} - W_{\text{лс}}) S_o + P_{\delta 2} b_1 \right) \varphi_1; \quad (12)$$

$$Q_{\varphi_2} = \left[\frac{1}{2} (T_{\text{лз}} - W_{\text{лз}}) B_t - \frac{1}{2} (T_{\text{нз}} - W_{\text{нз}}) B_t + (T_{\text{лн}} - W_{\text{лн}}) \left(e_{\kappa} + \frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 + 4B_t e_{\kappa} + 4e_{\kappa}^2} \times \right. \right. \\ \left. \times \cos \left(\beta - \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_{\kappa}} \right) \right) \right] - (T_{\text{нн}} - W_{\text{нн}}) \left(e_{\kappa} + \frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 + 4B_t e_{\kappa} + 4e_{\kappa}^2} \times \right. \\ \left. \times \cos \left(\beta + \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_{\kappa}} \right) \right) \right] - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2} \varphi_2 C_{y1} \right) a_2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 + 4B_t e_{\kappa} + 4e_{\kappa}^2} \times \right. \\ \left. \times \varphi_2 + e_{\kappa} \beta \right) C_{\delta 2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 + 4B_t e_{\kappa} + 4e_{\kappa}^2} \sin \left(\beta + \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_{\kappa}} \right) \right) \varphi_2; \quad (13)$$

$$Q_{\varphi_3} = \left(\frac{1}{2} Y_1 b_{\kappa} + \frac{4}{9} Y_2 b_{\kappa} + \frac{7}{18} Y_3 b_{\kappa} + \frac{1}{3} Y_4 b_{\kappa} + \frac{5}{18} Y_5 b_{\kappa} + \frac{2}{9} Y_6 b_{\kappa} + \frac{1}{6} Y_7 b_{\kappa} + \frac{1}{9} Y_8 b_{\kappa} + \frac{1}{18} Y_9 b_{\kappa} - \right. \\ \left. - \frac{4}{9} Y_{18} b_{\kappa} - \frac{7}{18} Y_{17} b_{\kappa} - \frac{1}{3} Y_{16} b_{\kappa} - \frac{5}{18} Y_{15} b_{\kappa} - \frac{2}{9} Y_{14} b_{\kappa} - \frac{1}{6} Y_{13} b_{\kappa} - \frac{1}{9} Y_{12} b_{\kappa} - \frac{1}{18} Y_{11} b_{\kappa} + \right. \\ \left. + (W_{\text{нк}} - W_{\text{лк}}) K_o + b_3 \varphi_3 C_{y\kappa} \right) \varphi_3. \quad (14)$$

Із рівнянь (5), розв'язуючи їх відносно старших похідних $(\ddot{X}, \ddot{Y}, \ddot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_2, \ddot{\varphi}_3)$, отримаємо форму Коши для системи диференціальних рівнянь 2-го порядку:

$$\begin{cases} a_{11} \ddot{X} + a_{12} \ddot{Y} + a_{13} \ddot{\varphi}_1 + a_{14} \ddot{\varphi}_2 + a_{15} \ddot{\varphi}_3 + f_1(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, X, Y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \beta, t) = 0 \\ a_{21} \ddot{X} + a_{22} \ddot{Y} + a_{23} \ddot{\varphi}_1 + a_{24} \ddot{\varphi}_2 + a_{25} \ddot{\varphi}_3 + f_2(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, X, Y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \beta, t) = 0 \\ a_{31} \ddot{X} + a_{32} \ddot{Y} + a_{33} \ddot{\varphi}_1 + a_{34} \ddot{\varphi}_2 + a_{35} \ddot{\varphi}_3 + f_3(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, X, Y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \beta, t) = 0 \\ a_{41} \ddot{X} + a_{42} \ddot{Y} + a_{43} \ddot{\varphi}_1 + a_{44} \ddot{\varphi}_2 + a_{45} \ddot{\varphi}_3 + f_4(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, X, Y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \beta, t) = 0 \\ a_{51} \ddot{X} + a_{52} \ddot{Y} + a_{53} \ddot{\varphi}_1 + a_{54} \ddot{\varphi}_2 + a_{55} \ddot{\varphi}_3 + f_5(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, X, Y, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \beta, t) = 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{де } a_{11} = m_1 + m_2 + m_3;$$

$$a_{12} = 0;$$

$$a_{13} = m_2 a_1 \cos \varphi_1 + m_3 a_1 \cos \varphi_1;$$

$$a_{14} = m_2 a_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} m_3 (2a_2 \cos \varphi_2 + 2a_3 \cos \varphi_2);$$

$$a_{15} = m_3 a_4 \cos \varphi_3;$$

$$a_{21} = 0;$$

$$a_{22} = m_1 + m_2 + m_3;$$

$$a_{23} = -m_2 a_1 \sin \varphi_1 - m_3 a_1 \sin \varphi_1;$$

$$a_{24} = -m_2 a_2 \sin \varphi_2 + \frac{1}{2} m_3 (-2a_2 \sin \varphi_2 - 2a_3 \sin \varphi_2);$$

$$a_{25} = -m_3 a_2 \sin \varphi_3;$$

$$a_{31} = m_2 a_1 \cos \varphi_1 + m_3 a_1 \cos \varphi_1;$$

$$a_{32} = -m_2 a_1 \sin \varphi_1 - m_3 a_1 \sin \varphi_1;$$

$$a_{33} = \frac{1}{2} m_3 (2a_1^2 \cos^2 \varphi_1 + 2a_1^2 \sin^2 \varphi_1) + J_1 + \frac{1}{2} m_2 (2a_1^2 \cos^2 \varphi_1 + 2a_1^2 \sin^2 \varphi_1);$$

$$a_{34} = \frac{1}{2} m_3 (2(a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2) a_1 \cos \varphi_1 - 2(-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2) a_1 \sin \varphi_1) + \\ + \frac{1}{2} m_2 (2a_2 \cos \varphi_2 a_1 \cos \varphi_1 + 2a_2 \sin \varphi_2 a_1 \sin \varphi_1);$$

$$a_{35} = \frac{1}{2} m_3 (2a_4 \cos \varphi_3 a_1 \cos \varphi_1 + 2a_2 \sin \varphi_3 a_1 \sin \varphi_1);$$

$$a_{41} = m_2 a_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} m_3 (2a_2 \cos \varphi_2 + 2a_3 \cos \varphi_2);$$

$$a_{42} = -m_2 a_2 \sin \varphi_2 + \frac{1}{2} m_3 (-2a_2 \sin \varphi_2 - 2a_3 \sin \varphi_2);$$

$$a_{43} = \frac{1}{2} m_3 (2(a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2) a_1 \cos \varphi_1 - 2(-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2) a_1 \sin \varphi_1) + \\ + \frac{1}{2} m_2 (2a_2 \cos \varphi_2 a_1 \cos \varphi_1 + 2a_2 \sin \varphi_2 a_1 \sin \varphi_1);$$

$$a_{44} = \frac{1}{2} m_2 (2a_2^2 \cos^2 \varphi_2 + 2a_2^2 \sin^2 \varphi_2) + J_2 + \frac{1}{2} m_3 (2(a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2)^2 + \\ + 2(-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2)^2);$$

$$a_{45} = \frac{1}{2} m_3 (2a_4 \cos \varphi_3 (a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2) - 2a_2 \sin \varphi_3 (-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2));$$

$$a_{51} = m_3 a_4 \cos \varphi_3;$$

$$a_{52} = -m_3 a_2 \sin \varphi_3;$$

$$\begin{aligned}
 a_{53} &= \frac{1}{2} m_3 (2a_4 \cos \varphi_3 a_1 \cos \varphi_1 + 2a_2 \sin \varphi_3 a_1 \sin \varphi_1); \\
 a_{54} &= \frac{1}{2} m_3 (2a_4 \cos \varphi_3 (a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3) - 2a_2 \sin \varphi_3 (-a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_2)); \\
 a_{55} &= J_3 + \frac{1}{2} m_3 (2a_4^2 \cos^2 \varphi_3 + 2a_2^2 \sin^2 \varphi_3); \\
 f_1 &= \frac{1}{2} m_2 (-2a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) + \frac{1}{2} m_3 (-2a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_2 \times \\
 &\times \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_3 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_4 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) - (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + \\
 &+ X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + \\
 &+ W_{\text{лс}} + W_{\text{нк}}) \cos \varphi_1 - (b_1 \varphi_1 C_{\delta c}) \sin \varphi_1 + (T_{\text{лз}} + T_{\text{нз}} - W_{\text{лз}} - W_{\text{нз}}) \cos \varphi_2 + (T_{\text{лн}} - W_{\text{лн}}) \times \\
 &\times \cos(\varphi_2 + \beta) + (T_{\text{нн}} - W_{\text{нн}}) \cos(\varphi_2 + \beta) - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} \varphi_2 C_{\delta 2} \right) \sin \varphi_2 - \\
 &- \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \varphi_2 + e_\kappa \beta \right) C_{\delta 2} (\sin \varphi_2 + \beta) - (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + \\
 &+ Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + W_{\text{лс}} + W_{\text{нк}}) \times \\
 &\times \cos \varphi_3 - (b_3 \varphi_3 C_{\delta \kappa}) \sin \varphi_3; \\
 f_2 &= \frac{1}{2} m_2 (-2a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) + \frac{1}{2} m_3 (-2a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - 2a_2 \times \\
 &\times \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_3 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - 2a_4 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) - (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + \\
 &+ X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + \\
 &+ X_{18} + W_{\text{лс}} + W_{\text{нк}}) \sin \varphi_1 + (b_1 \varphi_1 C_{\delta c}) \cos \varphi_1 + (T_{\text{лз}} + T_{\text{нз}} - W_{\text{лз}} - W_{\text{нз}}) \sin \varphi_2 + \\
 &+ (T_{\text{лн}} - W_{\text{лн}}) \sin(\varphi_2 + \beta) + (T_{\text{нн}} + W_{\text{нн}}) \sin(\varphi_2 + \beta) + \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} \varphi_2 C_{\delta 1} \right) \times \\
 &\times \cos \varphi_2 - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \varphi_2 + e_\kappa \beta \right) C_{\delta 2} \cos(\varphi_2 + \beta) - (Y_1 + Y_2 + \\
 &+ Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + \\
 &+ Y_{18} + W_{\text{лс}} + W_{\text{нк}}) \sin \varphi_3 + (b_3 \varphi_3 C_{\delta \kappa}) \cos \varphi_3;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_3 = & b_1^2 \varphi_1 C_{\bar{\phi}_c} - \frac{1}{9} X_{12} b_c + \frac{4}{9} X_2 b_c + \frac{1}{2} X_1 b_c - \frac{1}{6} X_{13} b_c + \frac{1}{2} m_2 \left(2(-a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - \right. \\
 & - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) a_1 \sin \varphi_1 - 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \\
 & - 2(-a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) a_1 \sin \varphi_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) \times \\
 & \times a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \frac{2}{9} X_{14} b_c - \frac{1}{2} m_2 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \\
 & - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1) - \frac{1}{2} m_3 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + \\
 & + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1) + ((X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \\
 & + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + \\
 & + X_{18} + W_{\pi c} + W_{nc}) \sin \varphi_1 - (b_1 C_{\bar{\phi}_c}) \sin \varphi_1 - (b_1 \varphi_1 C_{\bar{\phi}_c}) \cos \varphi_1) x + (- (X_1 + X_2 + \\
 & + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + \\
 & + X_{16} + X_{17} + X_{18} + W_{\pi c} + W_{nc}) \cos \varphi_1 + (b_1 C_{\bar{\phi}_c}) \cos \varphi_1 - (b_1 \varphi_1 C_{\bar{\phi}_c}) \sin \varphi_1) y + \\
 & + (b_1 C_{\bar{\phi}_c}) \varphi_1 - C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1) - \frac{7}{18} X_{17} b_c + \frac{1}{18} X_9 b_c - \frac{5}{18} X_{15} b_c + \frac{1}{9} X_8 b_c + \\
 & + \frac{1}{2} m_3 (2(-a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_3 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_4 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) \times \\
 & \times a_1 \cos \varphi_1 - 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) \times \\
 & \times a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - 2(-a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_3 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - \\
 & - a_2 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) a_1 \sin \varphi_1 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \\
 & - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1) + \frac{1}{6} X_7 b_c - \frac{1}{3} X_{16} b_c - \frac{4}{9} X_{18} b_c + \frac{2}{9} X_6 b_c + \frac{5}{18} X_5 b_c + \\
 & + W_{nc} S_n - W_{\pi c} S_{\pi} - \frac{1}{18} X_{11} b_c + \frac{1}{3} X_4 b_c + \frac{7}{18} X_3 b_c;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_4 = & \frac{1}{2} m_2 (2(-a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) a_2 \sin \varphi_2 - 2(\dot{x} + a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \times \\
 & \times \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) - 2(-a_1 \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2) a_2 \sin \varphi_2 - 2(\dot{y} - a_1 \times \\
 & \times \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} m_3 (2(-a_1 \sin \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - \\
 & - a_3 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2 - a_4 \sin \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) (a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_2) + 2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \times \\
 & \times \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) (-a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + 2(-a_1 \times \\
 & \times \cos \varphi_1 (\dot{\varphi}_1)^2 - a_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_3 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_2)^2 - a_2 \cos \varphi_3 (\dot{\varphi}_3)^2) (-a_2 \sin \varphi_2 - \\
 & - a_3 \sin \varphi_2 + 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) \times \\
 & \times (-a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2)) - \frac{1}{2} m_2 (-2(\dot{x} + a_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) \times \\
 & \times a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) \times a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2) - \frac{1}{2} m_3 (2(\dot{x} + a_1 \times \\
 & \times \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3) \times (-a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2) + \\
 & + 2(\dot{y} - a_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3) (-a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \\
 & - a_3 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2)) + (- (T_{\lambda 3} + T_{n3} - W_{\lambda 3} - W_{n3}) \sin \varphi_2 - (T_{\lambda n} - W_{\lambda n}) \sin(\varphi_2 + \beta) - \\
 & - (T_{nn} - W_{nn}) \sin(\varphi_2 + \beta) - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} C_{\delta 1} \right) \sin \varphi_2 - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} C_{\delta 1} \right) \cos \varphi_2 - \\
 & - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \varphi_2 + e_\kappa \beta \right) C_{\delta 2} \cos(\varphi_2 + \beta) - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \times \right. \\
 & \times \varphi_2 + e_\kappa \beta \left. \right) C_{\delta 2} \cos(\varphi_2 + \beta)) \times + (- (T_{\lambda 3} + T_{n3} - W_{\lambda 3} - W_{n3}) \cos \varphi_2 + (T_{\lambda n} - W_{\lambda n}) \times \\
 & \times \cos(\varphi_2 + \beta) + (T_{nn} - W_{nn}) \cos(\varphi_2 + \beta) + \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} C_{\delta 1} \right) \cos \varphi_2 - \\
 & - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} \varphi_2 C_{\delta 1} \right) \sin \varphi_2 + \left(\sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \varphi_2 + e_\kappa \beta \right) C_{\delta 2} \sin(\varphi_2 + \beta)) \times \\
 & \times y + \left(- \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} \times \varphi_2 C_{\delta 2} \right) + \frac{1}{4} (4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2) C_{\delta 2} \times \right. \\
 & \times \sin \left(\beta + \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_\kappa} \right) \right) \left. \right) \varphi_2 + \frac{1}{2} (T_{\lambda 3} - W_{\lambda 3}) B_t - \frac{1}{2} (T_{n3} - W_{n3}) B_t - (T_{nn} - W_{nn}) \times \\
 & \times \left(e_\kappa + \frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \cos \left(\beta + \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_\kappa} \right) \right) \right) - \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_2^2 + B_t^2} \varphi_2 C_{\delta 1} \right) a_2 + \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \varphi_2 + e_\kappa \beta \right) C_{\delta 2} \sqrt{4a_1^2 + B_t^2 - 4B_t e_\kappa + 4e_\kappa^2} \times \\
 & \times \sin \left(\beta + \arctg \left(\frac{a_1^2}{\frac{1}{2} B_t - e_\kappa} \right) \right) + C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1) - C_{23} (\varphi_3 - \varphi_2);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_5 = & \frac{5}{18}Y_5b_{\kappa} + \frac{4}{9}Y_2b_{\kappa} + \frac{1}{3}Y_4b_{\kappa} - \frac{1}{3}Y_{16}b_{\kappa} - \frac{5}{18}Y_{15}b_{\kappa} - \frac{2}{9}Y_{14}b_{\kappa} - \frac{1}{6}Y_{13}b_{\kappa} - \frac{1}{9}Y_{12}b_{\kappa} - \\
 & \frac{1}{18}Y_{11}b_{\kappa} + W_{\text{нк}}K_{\text{н}} - W_{\text{лк}}K_{\text{л}} + \frac{7}{18}Y_3b_{\kappa} + \frac{1}{2}Y_1b_{\kappa} + ((Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + \\
 & + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + W_{\text{лк}} + W_{\text{нк}})\sin\varphi_3 - \\
 & - (b_3C_{\text{бк}})\sin\varphi_3 - (b_3\varphi_3C_{\text{бк}})\cos\varphi_3)x + (- (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + \\
 & + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + W_{\text{лк}} + W_{\text{нк}})\cos\varphi_3 + \\
 & + (b_3C_{\text{бк}})\cos\varphi - (b_3\varphi_3C_{\text{бк}})\sin\varphi_3)y + b_{\kappa}C_{\text{бк}}\varphi_3 + \frac{2}{9}Y_6b_{\kappa} - \frac{1}{2}m_3(-2(\dot{x} + a_1\cos\varphi_1\dot{\varphi}_1 + \\
 & - a_2\cos\varphi_2\dot{\varphi}_2 + a_3\cos\varphi_2\dot{\varphi}_2 + a_4\cos\varphi_3\dot{\varphi}_3)a_4\sin\varphi_3\dot{\varphi}_3 - 2(\dot{y} - a_1\sin\varphi_1\dot{\varphi}_1 - a_2\sin\varphi_2\dot{\varphi}_2 - \\
 & - a_3\sin\varphi_2\dot{\varphi}_2 - a_2\sin\varphi_3\dot{\varphi}_3)a_2\cos\varphi_3\dot{\varphi}_3) + C_{23}(\varphi_3 - \varphi_2) + \frac{1}{9}Y_8b_{\kappa} + \frac{1}{18}Y_9b_{\kappa} - \frac{4}{9}Y_{18}b_{\kappa} - \\
 & - \frac{7}{18}Y_{17}b_{\kappa} + \frac{1}{2}m_3(2(-a_1\sin\varphi_1(\dot{\varphi}_1)^2 - a_2\sin\varphi_2(\dot{\varphi}_2)^2 - a_3\sin\varphi_2(\dot{\varphi}_2)^2 - a_4\sin\varphi_3(\dot{\varphi}_3)^2)\times \\
 & \times a_4\cos\varphi_3 - 2(\dot{x} + a_1\cos\varphi_1\dot{\varphi}_1 + a_2\cos\varphi_2\dot{\varphi}_2 + a_3\cos\varphi_2\dot{\varphi}_2 + a_4\cos\varphi_3\dot{\varphi}_3)a_4\sin\varphi_3\dot{\varphi}_3 - \\
 & - 2(-a_1\cos\varphi_1(\dot{\varphi}_1)^2 - a_2\cos\varphi_2(\dot{\varphi}_2)^2 - a_3\cos\varphi_2(\dot{\varphi}_2)^2 - a_2\cos\varphi_3(\dot{\varphi}_3)^2)a_2\sin\varphi_3 - \\
 & - 2(y - a_1\sin\varphi_1\dot{\varphi}_1 - a_2\sin\varphi_2\dot{\varphi}_2 - a_3\sin\varphi_2\dot{\varphi}_2 - a_2\cos\varphi_3\dot{\varphi}_3)a_2\cos\varphi_3\dot{\varphi}_3) + \frac{1}{6}Y_7b_{\kappa} + b_3\varphi_3C_{\text{бк}}.
 \end{aligned}$$

У незношеному рульовому керуванні витоки рідини в гідросистемі повороту керованих коліс відсутні. Це, своєю чергою, виключає поворот коліс без участі механізатора відносно остова трактора. Тоді причиною уводу агрегату від прямолінійної траєкторії можуть бути неоднорідність ґрунту, що обробляється, схил поля, різниця сил опору на колесах трактора [9].

Узагальнені сили Q_i , що входять у рівняння (1), визначені на основі принципу можливих переміщень. При прямолінійному русі МТА у процесі проведення сівби в ідеальному випадку кут повороту керованих коліс $\beta = 0$.

Результати досліджень та їх обговорення

Якість роботи більшості мобільних машинно-тракторних агрегатів безпосередньо залежить від ступеню стійкості їх руху. Непрямолінійність руху робочого органу, що виходить за допустимі межі, призводить до появи огріхів і перекриття оброблюваної площі, а в разі обробітку просапних культур і до часткового зниження рослин у рядку. Більшість операцій мають обмеження на якість виконання роботи. Так, агротехнічні вимоги до смугової сівби передбачають, щоб відхилення ширини міжрядь складало не більше ± 2 см для сошників в агрегаті і ± 5 см у стикові двох суміжних його проходів.

Для реалізації новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур розробляються та впроваджуються відповідні машини нового покоління, що відрізняються від традиційних комбінованими та модульними принципами побудови, спроможністю виконувати технологічні операції на високих робочих швидкостях, надійністю в роботі, економічністю, автоматизованими системами керування та контролю за процесами.

Агротехнічною наукою доведено, що застосування комбінованих машин, виконуючих за один прохід агрегату декілька технологічних операцій, дає змогу зберегти вологу, зменшити кількість проходів агрегату, а також ущільнити ґрунт, підвищити врожайність вирощуваних культур [10].

За даними [11], продуктивність комбінованих агрегатів на базі колісного трактора з передньою і задньою навісними системами на передпосівному обробітку ґрунту та сівбі збільшується на 30 %, а витрати палива на одиницю площі майже вдвічі нижчі порівняно з агрегатами традиційної схеми. Найбільш перспективними також вважаються комбіновані машинно-тракторні агрегати, складені з кількох одноопераційних машин, навішених на відповідних навісних системах енергетичного засобу.

Відповідні переваги таких агрегатів полягають у тому, що маса й тяговий опір фронтально навішених машин чи знарядь збільшують вертикальне навантаження на передні колеса трактора, підвищують щеплення їх з ґрунтом і зменшують буксування [12–17].

Висновки

Дослідження стійкості руху агрегату можна виконати на основі трьохмасової моделі, яка має лінійні характеристики зовнішніх опорів, без урахування буксування рушіїв по опорній поверхні. На основі проведених теоретичних досліджень встановлено, що отримана математична модель дає можливість визначати межі стійкості руху комбінованого агрегату в разі проведення технологічного процесу сівби. Зважаючи на суттєву нелінійність диференціальних рівнянь, які описують процес руху агрегату, їх рішення можливе числовими методами за допомогою ЕОМ із застосуванням програмних пакетів MAPLE 12 і Matlab 6.5 Release 12. Використання в комбінованих агрегатах гідравлічних та електричних систем призведе до складання розрахункових схем і математичних моделей як блок-схем, які будуть розв'язуватись за допомогою інших програмних пакетів. Такі дослідження будуть перспективними тому, що зростає попит на складні й універсальні сільськогосподарські агрегати, а їх експлуатація вимагає теоретичного підґрунтя.

Перспективи подальших досліджень. Зважаючи на те, що створення різноманітних комбінованих машинно-тракторних агрегатів не припиняється в жодному разі, теоретичні дослідження їх руху будуть мати продовження. Агрегати стають все потужнішими і складнішими, у своїй роботі вони об'єднують все більше сільськогосподарських операцій, тому вивчення їх можливостей до застосування є складною теоретичною задачею, яка потребує нестандартних підходів і нестандартного мислення.

References

1. Avdeyev, V. M. (1985). Ustoychivost i upravlyayemost dvizheniya kolesnogo sharnirno-sochlenennogo traktora po gruntu v sostave selskokhozyaystvennogo agregata. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkov [In Russian].
2. Antoshchenkov, R. V. (2010). Pidvyshchennya efektyvnoyi ekspluatatsiyi kombinovanykh hruntoobrobno-posivnykh ahrehativ. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkiv [In Ukrainian].
3. Artomov, N. P. (2006). Povysheniye ustoychivosti dvizheniya pakhotnogo agregata pri izmenenii tekhnicheskikh parametrov sistemy upravleniya. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkov [In Russian].
4. Gyachev, L. V. (1981). Ustoychivost' dvizheniya sel'skokhozyaystvennykh mashin i agregatov. Moskva: Mashinostroyeniye [In Russian].
5. Lebedev, A. T. (1982). Gidropnevmaticheskiye privody traktornykh agregatov. Moskva: Mashinostroyeniye [In Russian].
6. Roslavtsev, A. V. (1994). Eksperimental'nyye issledovaniya ustoychivosti dvizheniya i upravlyayemosti mnogozvennykh mashinno-traktornykh agregatov. *Traktory i Sel'skokhozyaystvennyye Mashiny*, 1, 10–11 [In Russian].
7. Antoshchenkov, V. N. (1991). Povysheniye tochnosti vozhdeniya mashinno-traktornogo agregata v tekhnologicheskoy protsesse mezhduyadnoy obrabotki sakharnoy svely. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkiv [In Ukrainian].
8. Pashchenko, V. F. & Kim, V. V. (2010). Metodika postroyeniya matematicheskikh modeley ustoychivosti funktsionirovaniya mekhanicheskikh sistem: monografiya. Kharkiv: KHNAU im. V.V. Dokuchayeva [In Ukrainian].
9. Yaroshenko, P. M. (2011). Pidvyshchennya stiykosti rukhu kombinovanykh posivnykh ahrehativ. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkiv [In Ukrainian].
10. Kodenko, M. N. (1972). Dinamika i optimizatsiya upravleniya perekhodnymi protsessami traktorov. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kharkov [In Russian].
11. Lachuga, YU. F. (2008). Perspektivnyye tekhnologii i tekhnika dlya effektivnogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. *Agrozurnal MGAU*, 12, 1–8 [In Russian].
12. Nadykto, V. T. (2008). Perspektivnoye napravleniye sozdaniya kombinirovannykh i shirokozakhatnykh MTA. *Traktory i Sel'skokhozyaystvennyye Mashiny*, 3, 26–30 [In Russian].

13. Nadykto, V. T., Kryzhachkivs'kyi, M. L., Kyurchev, V. M., & Abdula, S. L. (2006). *Novi mobil'ni enerhetychni zasoby Ukrayiny. Teoretychni osnovy vykorystannya v zemlerobstvi: Navchal'nyy posibnyk*. Melitopol [In Ukrainian].
14. Lyubushko, N. I., & Zvolinskiy, V. N. (1997). Novyye tendentsii v sozdanii i ispol'zovanii kombinirovannykh agregatov *Traktory i Sel'skokhozyaystvennyye Mashiny*, 10, 14–16 [In Russian].
15. Koval, S., Pohorilyi, V., Sheychenko, V., Husar, V., & Lyubchenko, S. (2007). Otsinka rivnya tekhnichnoho zabezpechennya system obrobittu gruntu ta posivu. *Tekhnika APK*, 10, 10–11 [In Ukrainian].
16. Kutkov, G. M. (2007). Otsenka tekhnologicheskikh svoystv mobilnykh energeticheskikh sredstv. *Traktory i Sel'skokhozyaystvennyye Mashiny*, 1, 26–27 [In Russian].
17. Donnell, H. (2001). *Farm power and machinery management*. Wiley-Blackwell.
18. Fluck, R. C. (2004). Energy analysis for agricultural systems In *Energy in Farm Production. Energy in World Agriculture*, Elsevier, Amst, 6, 45–51.
19. Geradin, M., & Cardona, A. (1988). Kinematics and dynamics of rigid and flexible mechanisms using finite elements and quaternion algebra. *Computational Mechanics*, 4 (2), 115–135. doi: 10.1007/bf00282414.
20. Bayo, E., Garcia De Jalon, J., & Serna, M. A. (1988). A modified lagrangian formulation for the dynamic analysis of constrained mechanical systems. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 71 (2), 183–195. doi:10.1016/0045-7825(88)90085-0.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Ярошенко П. М., Арендаренко В. М. Узагальнена математична модель руху комбінованого посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 275–289.

© Ярошенко Павло Миколайович, Арендаренко Володимир Миколайович, 2020

Відповідальний редактор: *Мельничук В. В.*
Літературні редактори: *Дедушно А. В.*
Переклад англійською мовою: *Панкова Т. О.*
Куратор з індексів DOI: *Жукова В. К.*
Комп'ютерна верстка та дизайн: *Свєшнікова А. О.*
Під час створення макету було використано матеріали,
які знаходяться у вільному доступі мережі Інтернет.

Формат 60х90/8. Ум. друк. арк. 18. Тираж 300 пр. Зам. № 22.
Видавець і виготовлювач: Полтавська державна аграрна академія.
Адреса: 36003, м. Полтава, вул. Григорія Сковороди, 1/3.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2174 від 26.04.2005 р.

