



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10235
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 612:636.4

The effect of zinc chelate and antioxidant vitamins on the quality of sperm production and the state of pro-oxidant-antioxidant homeostasis in breeding boars

A. M. Shostya, I. V. Sarnavska[✉], O. H. Mahoviy, I. H. Shpyrna, A. V. Samovyk

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Article info

Received 07.03.2025
Received in revised form
07.04.2025
Accepted 08.04.2025

Shostya, A. M., Sarnavska, I. V., Mahoviy, O. H., Shpyrna, I. H., & Samovyk, A. V. (2025). The effect of zinc chelate and antioxidant vitamins on the quality of sperm production and the state of pro-oxidant-antioxidant homeostasis in breeding boars. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(102), 243–250. doi: 10.32718/nvlvet-a10235

Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine.
Tel.: +38-099-774-79-92
E-mail: despart1992@gmail.com

The increase in temperature in pig housing during the summer negatively affects their reproductive capacity, causing heat stress. This leads to a decrease in boar sexual activity, a reduction in sperm concentration in the ejaculate, and a decline in their biological integrity. The primary causes of these changes include the oxidation of unsaturated fatty acids in sperm membranes and an imbalance in the prooxidant-antioxidant system. A study on the effect of a complex vitamin-mineral feed supplement on sperm quality was conducted on Large White breeding boars, selected as age, body weight, and sperm quality analogs. They were divided into three groups of three individuals each: a control group and two experimental groups. The experiment lasted 120 days, including a 30-day preparatory period, a 60-day main period (supplementation with vitamins A, E, C, and chelated zinc), and a 30-day final period. The diet of the control group remained unchanged, while the first experimental group received a 5 % increase in components, and the second received a 10% increase. The experiment showed that under heat stress, the ejaculate volume in the first and second experimental groups was 21.1 % ($P < 0.05$) and 22.4 % ($P < 0.01$) higher, respectively, compared to the control group. Sperm concentration exceeded control values by 17.2 % on day 60 and by 10.9 % in the final period, while sperm motility increased by 21.5 % ($P < 0.001$) and 13.1% ($P < 0.05$), respectively. An analysis of lipid peroxidation indicators revealed that the level of diene conjugates in the sperm of the control group increased by 73.5 % ($P < 0.001$) by day 60. Meanwhile, in the experimental groups, their level was 40.05 % ($P < 0.01$) and 24.0% ($P < 0.05$) lower compared to the control group, indicating the antioxidant effect of the vitamin supplement and chelated zinc. In the control group, the levels of superoxide dismutase and catalase increased by 36.4 % ($P < 0.05$) and 44.6 % ($P < 0.01$), respectively, which is a sign of oxidative stress. At the same time, in the experimental groups, catalase activity and the level of reduced glutathione remained more stable, demonstrating the protective effect of the feed supplement. The increase in temperature during the summer negatively affects boar sperm production, causing heat stress, which reduces sperm concentration and motility. The addition of antioxidant vitamins (A, E, C) and chelated zinc to the diet helps maintain sperm quality and quantity, reduces oxidative stress levels, and stabilizes the body's antioxidant status. Using such a feed supplement supports high reproductive capacity in boars and mitigates the negative effects of elevated temperatures.

Key words: breeding boars, sperm, vitamin A, vitamin E, ascorbic acid, antioxidants, chelated zinc, prooxidant-antioxidant homeostasis.

Вплив хелату цинку та вітамінів антиоксидантної дії на якість спермопродукції та стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у кнурів-плідників

A. M. Шостя, I. V. Сарнавська[✉], O. Г. Маховий, I. Г. Шпірна, A. В. Самовик

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Підвищення температури в приміщеннях для утримання свиней у літній період негативно впливає на їхню відтворювальну здатність, спричиняючи тепловий стрес. Це призводить до зниження статевої активності кнурів, зменшення концентрації спермій в еякуляті та погіршення їхньої біологічної повноцінності. Основними причинами цих змін є окиснення ненасичених жирних кислот у мембранах спермій та дисбаланс прооксидантно-антиоксидантної системи. Дослідження, присвячене впливу комплексної вітамінно-мінеральної кормової добавки на якість спермопродукції, проводилося на кнурах-плідниках великої білої породи, аналогів за віком, живою масою та показниками якості сперми, з яких було сформовано три групи по три особини: контрольну та дві дослідні. Тривалість експерименту становила 120 діб, з яких підготовчий період – 30 діб, основний – 60 діб (згодовування вітамінів А, Е, С та хелату Цинку) і заключний період – 30 діб. Основний період досліду раціон кнурів контрольної групи залишався незмінним, у першій дослідній групі вміст компонентів був на 5 % вищий, у другій – на 10 % понад норму. У ході експерименту було встановлено, що під впливом теплового стресу в I-й та II-й дослідних групах об'єм еякуляту в заключний період був вищим на 21,1 % ($P < 0,05$) та 22,4 % ($P < 0,01$) відповідно порівняно з контрольною групою. Концентрація спермій перевищувала контрольні показники на 17,2 % на 60-ту добу та на 10,9 % у заключний період, а рухливість спермій зросла на 21,5 % ($P < 0,001$) та 13,1 % ($P < 0,05$) відповідно. Аналіз показників пероксидного окиснення ліпідів виявив, що рівень дієнових кон'югатів у спермі кнурів інтактної групи зростає на 73,5 % ($P < 0,001$) до 60-ї доби експерименту. Водночас у дослідних групах їхній рівень був нижчим на 40,05 % ($P < 0,01$) та 24,0 % ($P < 0,05$) порівняно з контрольною групою, що свідчить про антиоксидантну дію вітамінної добавки та хелату цинку. У контрольній групі рівень супероксиддисмутази та каталази підвищувався на 36,4 % ($P < 0,05$) та 44,6 % ($P < 0,01$) відповідно, що є ознакою оксидативного стресу. Водночас у дослідних групах активність каталази та рівень відновленого глутатіону залишалися більш стабільними, що свідчить про захисний ефект кормової добавки. Підвищення температури влітку негативно впливає на спермопродукцію кнурів, спричиняючи тепловий стрес, що знижує концентрацію та рухливість спермій. Додавання вітамінно-антиоксидантів (А, Е, С) та хелату цинку до раціону сприяє збереженню якісних та кількісних характеристик сперми, зменшує рівень оксидативного стресу та стабілізує антиоксидантний статус організму. Використання такої кормової добавки допомагає підтримувати високу репродуктивну здатність кнурів та нівелювати негативний вплив підвищених температур.

Ключові слова: кнури-плідники, сперма, вітамін А, вітамін Е, аскорбінова кислота, антиоксиданти, хелат Цинку, прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз.

Вступ

Оптимізація умов утримання та годівлі кнурів-плідників є важливим чинником підвищення їхньої репродуктивної ефективності (Romero-Aguirregomez et al., 2024). Одним із ключових факторів, що впливають на якість спермопродукції, є оксидативний стрес, який виникає під впливом несприятливих умов, зокрема підвищеної температури навколишнього середовища (Berger & Kasperson, 2020; Manuelian et al., 2021). Дисбаланс між процесами пероксидного окиснення ліпідів та антиоксидантним захистом призводить до пошкодження мембран спермій, зниження їхньої рухливості, виживаності та загальної фертильності (Petrović et al., 2021; Rosa et al., 2021).

Сучасні дослідження свідчать, що застосування вітамінів у годівлі кнурів сприяє зменшенню негативного впливу оксидативного стресу (Lechowski et al., 2018; Chung, 2020). Значний вплив на якість спермопродукції та стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу мають вітаміни-антиоксиданти (Dong et al., 2016; Galić et al., 2022; Blagojević et al., 2024). Зокрема, вітамін Е (альфа-токоферол) відіграє ключову роль у захисті чоловічих статевих клітин від оксидативного стресу, запобігаючи перекисному окисненню ліпідів, що сприяє збереженню цілісності мембран спермій та підвищенню їх рухливості (Lee et al., 2020; Seunghyung, 2024). Вітамін С (аскорбінова кислота) зменшує рівень вільних радикалів та покращує морфологічні показники спермій. Комбінація вітамінів-антиоксидантів у складі кормових добавок сприяє поліпшенню запліднювальності здатності сперми, особливо в умовах теплового стресу (Le Floc'h et al., 2021; Zhu et al., 2022). Покращення спермопродукції, ймовірно, пов'язане з оптимізацією метаболічних процесів, зокрема пероксидних. Важливу роль у цьому відіграє прооксидантно-антиоксидантний баланс, у формуванні якого значну роль відіграють іони цинку. Експери-

менти інших вчених довели, що цей мікроелемент входить до складу ферменту супероксиддисмутази, який забезпечує антиоксидантний захист клітин (Surai, 2016; Usenko et al., 2019; Pintus & Ros-Santaella, 2021). Особливу увагу привертає використання хелату цинку, який бере участь у функціонуванні антиоксидантних ферментів та стабілізації клітинних мембран (Mattioli et al., 2020). Поєднання цього мікроелемента з вітамінами антиоксидантної дії може підвищити резистентність спермій до оксидативного пошкодження та покращити якість сперми, що є актуальним із теоретичної і практичної точок зору (Ponnampalam et al., 2022, Prastiya et al., 2025).

Мета досліджень

Метою дослідження є оцінка впливу хелатної форми цинку та антиоксидантних вітамінів на якісні та кількісні показники спермопродукції кнурів, а також на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, з метою розробки ефективних стратегій підвищення репродуктивної здатності свиней. Дослідження також охоплює вивчення впливу комплексної вітамінно-мінеральної кормової добавки на якість сперми кнурів-плідників великої білої породи в умовах літнього теплового стресу.

Для досягнення поставленої мети виконувались такі завдання:

- визначено вплив додавання до раціону кнурів-плідників хелатної форми цинку у поєднанні з вітамінами-антиоксидантами;
- оцінено стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у кнурів під впливом експериментальних кормових добавок;
- встановлено оптимальну дозу комбінованої кормової добавки, яка сприяє максимальному покращенню показників якості сперми та антиоксидантного статусу.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження, із вивчення впливу комплексної вітамінно-мінеральної кормової добавки на якість спермопродукції, проводилось у літню пору року (період теплового стресу) на дорослих кнурів-плідниках великої білої породи, які були аналогами за віком, живою масою та показниками якості сперми. Кнури були розподілені на групи по три тварини: контрольну та дві дослідні. Годівля проводилась двічі на день згідно з встановленими нормами.

Тривалість експерименту становила 120 діб, що включало підготовчий період – 30 діб, основний – 60 діб та заключний період – 30 діб. Протягом основного періоду дослідів раціон кнурів контрольної групи залишався незмінним, в той час як у дослідних групах до раціону додавалась комплексна вітамінно-мінеральна кормова добавка. У першій дослідній групі вміст компонентів був на 5 % вищий (вміст цинку у формі хелату – 15 мг на добу, суха мікрогранульована форма ретинолу ацетату (вітамін А) – 0,085 мг/кг, DL- α -токоферол поліетиленгліколь сукцинату (вітамін Е) – 2,6 мг/кг, аскорбінова кислота (вітамін С) – 40 мг/кг комбікорму). У другій дослідній групі кількість компонентів була на 10 % вищою (вміст цинку – 30 мг на добу, ретинол ацетат – 0,17 мг/кг, DL- α -токоферол – 5,2 мг/кг, аскорбінова кислота – 80 мг/кг комбікорму).

Режим статевого навантаження у кнурів-плідників складав дві садки на тиждень. Еякуляти отримували мануальним способом, після чого проводили оцінку якості спермопродукції та стану ПАГ у спермі.

Результати досліджень

Результати експерименту свідчать про негативний вплив теплового стресу на якісні та кількісні показники спермопродукції кнурів-плідників. У контрольній групі об'єм еякуляту в заключному періоді зменшився на 16,1 % ($P < 0,05$) порівняно з підготовчим етапом (табл. 1). У контрольній групі відзначено зниження концентрації сперміїв на 8,8 % на 45-ту добу, на 16,7 % ($P < 0,05$) на 60-ту добу, при цьому негативний ефект зберігався щонайменше місяць, що спричинило подальше зниження на 15,0 % ($P < 0,05$).

Аналогічні зміни спостерігалися щодо загальної кількості сперміїв та частки рухливих форм в еякуляті. На 45-ту добу зафіксовано зменшення цих показників на 15,6 % ($P < 0,05$) та 19,8 % ($P < 0,01$) відповідно, на 60-ту добу – на 24,5 % ($P < 0,01$) та 35,6 % ($P < 0,001$), а у заключний період – на 28,7 % ($P < 0,001$) та 34,1 % ($P < 0,001$) відповідно.

Отримані дані вказують на суттєве порушення спермопродукції під впливом теплового стресу, що проявляється як кількісним зменшенням сперміїв, так і погіршенням їхньої рухливості та загальної біологічної повноцінності.

Таблиця 1

Якість спермопродукції у кнурів-плідників за корекції вітамінно-мінерального живлення в період теплового стресу, ($x \pm SE$, $n = 18$)

Групи	Періоди експерименту			
	Підготовчий	Основний		Заключний
		45-та доба	60-та доба	
Об'єм еякуляту, мл.				
К	205,40 \pm 9,56	190,22 \pm 10,50	188,50 \pm 11,96	172,33 \pm 9,93 *
I	201,20 \pm 9,83	198,37 \pm 8,83	222,70 \pm 9,52 \square	208,75 \pm 9,73 \square
II	213,05 \pm 12,66	210,90 \pm 9,36	216,35 \pm 10,43	210,90 \pm 12,77 \square
Концентрація сперміїв в еякуляті, млрд/мл.				
К	0,226 \pm 0,011	0,206 \pm 0,016	0,186 \pm 0,014 *	0,192 \pm 0,012 *
I	0,214 \pm 0,013	0,209 \pm 0,018	0,218 \pm 0,011	0,221 \pm 0,015
II	0,198 \pm 0,017	0,223 \pm 0,015	0,203 \pm 0,013	0,213 \pm 0,014
Загальна кількість сперміїв в еякуляті, млрд.				
К	46,42 \pm 2,00	39,18 \pm 2,26 *	35,06 \pm 2,73 **	33,08 \pm 2,55 ***
I	43,04 \pm 2,46	41,44 \pm 2,18	48,48 \pm 1,67 $\square\square\square$	46,12 \pm 1,96 $\square\square\square$
II	42,17 \pm 2,65	46,84 \pm 1,82 \square	43,93 \pm 2,27 \square	44,90 \pm 2,01 $\square\square\square$
Кількість живих сперміїв в еякуляті, млрд.				
К	41,42 \pm 2,13	33,22 \pm 1,53 **	26,68 \pm 2,03 ***	27,31 \pm 1,91 ***
I	40,23 \pm 2,24	37,33 \pm 1,98	44,77 \pm 2,23	39,83 \pm 2,30
II	37,53 \pm 2,58	44,21 \pm 2,36	37,77 \pm 2,84	39,93 \pm 2,63
Рухливість, %				
К	90,30 \pm 2,44	84,72 \pm 3,00	76,11 \pm 3,52 **	82,78 \pm 3,34
I	93,61 \pm 2,17	90,28 \pm 2,60	92,50 \pm 2,37 $\square\square\square$	86,67 \pm 2,94
II	89,17 \pm 2,75	94,44 \pm 2,32 \square	86,11 \pm 3,20 \square	88,89 \pm 2,45
Переживаємість, %				
К	80,20 \pm 2,84	73,61 \pm 3,64	68,33 \pm 2,74 **	70,83 \pm 2,87 *
I	76,40 \pm 3,31	72,78 \pm 3,37	82,78 \pm 3,01 $\square\square\square$	83,90 \pm 3,58 $\square\square$
II	77,78 \pm 3,14	76,39 \pm 3,77	76,11 \pm 3,63	73,89 \pm 3,93

Примітки: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; \square - $P < 0,05$; $\square\square$ - $P < 0,01$; $\square\square\square$ - $P < 0,001$ – порівняно з контрольною групою. К – контрольна група, I – I дослідна група, II – II дослідна група

Включення вітамінно-мінеральної добавки та хелатної форми цинку до раціону кнурів-плідників I-ї та II-ї дослідних груп сприяло покращенню показників спермопродукції у порівнянні з тваринами контрольної групи. Аналіз отриманих даних засвідчив виражений позитивний вплив цих біологічно активних компонентів на якісні характеристики еякуляту, зокрема на концентрацію, життєздатність і рухливість сперміїв. Встановлено, що введення даних добавок сприяє зниженню негативного впливу теплового стресу на репродуктивну функцію кнурів-плідників, що проявляється у збереженні стабільних параметрів спермопродукції та підтриманні оптимального прооксидантно-антиоксидантного балансу в спермі.

Інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів у спермі кнурів-плідників великої білої породи в літній період змінювалася залежно від рівня згодовування вітамінно-мінеральної кормової добавки (табл. 2). У кнурів інтактної групи протягом основного періоду спостерігався найвищий рівень дієнових кон'югатів (ДК), який досяг максимального зростання на 73,5%

($P < 0,001$) до 60-ї доби порівняно з підготовчим періодом.

Додавання вітамінної добавки та хелату цинку у раціон кнурів I-ї та II-ї дослідних груп сприяло зменшенню коливань умісту первинних продуктів пероксидного окиснення, хоча загальна тенденція до їх накопичення в основний період залишалася. Водночас ефект від згодовування зберігався щонайменше протягом місяця після завершення дії стресового фактора, що проявлялося у зниженні рівня дієнових кон'югатів у заключний період експерименту на 10,8 % та 8,2 % у I-ї та II-ї дослідних групах відповідно.

Порівняння концентрацій ДК у спермі кнурів-плідників дослідних груп відносно контрольної свідчить про їх нижчий рівень на 60-ту добу експерименту. Зокрема, у I-ї дослідній групі цей показник був меншим на 40,05 % ($P < 0,01$), а у II-ї групі — на 24,0 % ($P < 0,05$). Це свідчить про позитивний вплив вітамінно-мінеральної добавки та хелату цинку на стабільність прооксидантно-антиоксидантного балансу в спермі кнурів.

Таблиця 2

Інтенсивність процесів пероксидного окиснення у спермі кнурів-плідників великої білої породи в літній період за корекції вітамінів антиоксидантною дією та хелату Цинку ($x \pm SE$, $n = 18$)

Показники	Групи	Періоди експерименту			
		Підготовчий	Основний		Заключний
			45-та доба	60-та доба	
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	2,23 ± 0,26	3,26 ± 0,19 **	3,87 ± 0,30 ***	2,76 ± 0,18
	I	2,04 ± 0,29	2,53 ± 0,22 □	2,32 ± 0,24 □□□	2,26 ± 0,27
	II	2,44 ± 0,32	2,82 ± 0,20	2,94 ± 0,34 □	2,64 ± 0,31
ТБК-активні сполуки, мкмоль/л	К	18,37 ± 1,27	23,27 ± 1,33 *	28,31 ± 1,91 ***	22,82 ± 1,86 *
	I	19,88 ± 1,59	20,52 ± 1,53	23,72 ± 1,30 □	20,36 ± 1,93
	II	23,43 ± 1,77	27,49 ± 1,90 **	29,32 ± 1,51 **	25,19 ± 1,26 •
ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л	К	21,37 ± 1,81	26,77 ± 1,34 *	27,55 ± 1,87 *	26,72 ± 1,47 *
	I	22,87 ± 2,29	24,91 ± 1,49	25,74 ± 1,77	23,41 ± 1,61
	II	28,95 ± 2,03	33,94 ± 1,96 □□••	31,46 ± 2,53	29,85 ± 1,51 ••

Примітки: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; □ - $P < 0,05$; □□ - $P < 0,01$; □□□ - $P < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $P < 0,05$; •• - $P < 0,01$ ••• - $P < 0,001$ – порівняно з I групою. К – контрольна група, I – I дослідна група, II – II дослідна група

У спермі кнурів-плідників інтактної групи рівень ТБК-активних сполук значно зростав протягом експерименту, збільшуючись у 1,5 рази на 45-ту добу та у 1,7 рази на 60-ту добу, після чого поступово знижувався в заключний період.

У тварин дослідних груп динаміка цього показника загалом була подібною до інтактної групи, проте вміст первинних продуктів пероксидного окиснення залишався нижчим. Найменший рівень ДК зафіксовано у I-ї дослідній групі. У кнурів, які отримували мінімальну кількість вітамінно-мінеральної добавки, концентрація ДК була нижчою від контрольних значень на 11,8 % (45-та доба), 16,2 % ($P < 0,05$) (60-та доба) та 10,8 % у заключний період. Це свідчить про позитивний вплив добавки на зменшення інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів у спермі.

Під час експерименту спостерігалось поступове збільшення рівня ТБК-активних сполук: на 45-ту добу – у 1,3 рази ($P < 0,05$), а на 60-ту – у 1,5 рази ($P < 0,001$). При цьому їхній вміст залишався високим упродовж заключного періоду.

У тварин першої групи рівень ТБК-активних сполук стабільно зростав протягом основного та заключного періодів. Максимальні концентрації цих речовин зафіксовані у тварин другої дослідної групи порівняно з першою: на 45-ту добу – на 34,0 % ($P < 0,01$), на 60-ту добу – на 23,6 % ($P < 0,01$), у заключний період – на 23,7 % ($P < 0,05$).

Натомість у тварин, які отримували додатково низькі концентрації антиоксидантних вітамінів та хелат цинку, рівень вторинних продуктів пероксидного окиснення залишався мінімальним протягом усього дослідження.

Після інкубації зразків сперми концентрація ТБК-активних сполук в інтактній групі зросла на 25,3 % ($P < 0,05$) на 45-ту добу, на 28,9 % ($P < 0,05$) на 60-ту добу та на 25,0 % ($P < 0,05$) у заключний період порівняно з підготовчим періодом. У дослідних групах значних змін у рівні цієї речовини не спостерігалось.

Після інкубації вміст ТБК-активних сполук у спермі знижувався в I-ї дослідній групі порівняно з контрольною на 6,9 % (45-та доба), 6,6 % (60-та доба) та

12,4 % (заклучний період). Водночас у II-й дослідній групі його рівень, навпаки, підвищувався на 26,8% ($P < 0,01$), 14,2 % та 11,7 % відповідно. Концентрація цих сполук у спермі тварин II-ї дослідної групи перевищувала показники I-ї групи на 36,2 % ($P < 0,001$) на 45-ту добу, 22,2 % на 60-ту добу та 27,5 % ($P < 0,01$) у заклучний період.

Антиоксидантна система сперми кнурів-плідників за умов високого теплового навантаження виявила

підвищену чутливість до оксидативного стресу, що вказує на її лабільність (табл. 3). Активність супероксиддисмутази у спермі збільшувалася в інтактній групі та II-й дослідній групі: на 45-ту добу – на 14,3 % та 36,2 % ($P < 0,01$), на 60-ту добу основного періоду – на 36,4 % ($P < 0,05$) та 30,6 %, а в заклучний період – на 7,8 % та 23,8 % порівняно з підготовчим періодом.

Таблиця 3

Система антиоксидантного захисту у спермі кнурів-плідників великої білої породи в літній період за корекції вітамінів антиоксидантної дії та хелату Цинку, ($\bar{x} \pm SE$, $n = 18$)

Показники	Групи	Періоди експерименту			
		Підготовчий	Основний		Заклучний
			45-та доба	60-та доба	
Супероксид-дисмутаза, мкат/л	K	0,385 ± 0,031	0,440 ± 0,034	0,525 ± 0,041 **	0,415 ± 0,039
	I	0,424 ± 0,027	0,453 ± 0,038	0,375 ± 0,048 □	0,350 ± 0,035
	II	0,354 ± 0,036	0,482 ± 0,033**	0,462 ± 0,046	0,438 ± 0,042
Каталаза, мккат/л	K	23,41 ± 1,97	25,75 ± 2,30	33,86 ± 2,56 **	27,25 ± 2,51
	I	20,41 ± 1,88	22,25 ± 2,40	23,25 ± 2,34 □□	22,10 ± 2,07
	II	19,81 ± 1,85	22,75 ± 2,50	26,31 ± 2,71 *□	24,43 ± 2,26
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	K	0,363 ± 0,039	0,333 ± 0,035	0,272 ± 0,026 *	0,252 ± 0,031 **
	I	0,350 ± 0,038	0,313 ± 0,042	0,364 ± 0,033 □	0,340 ± 0,028 □
	II	0,386 ± 0,044	0,422 ± 0,049	0,275 ± 0,030 *	0,226 ± 0,021 ** ••
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	K	40,22 ± 4,75	32,71 ± 4,12	26,45 ± 2,91 *	30,59 ± 4,15
	I	36,82 ± 4,60	29,82 ± 3,80	34,65 ± 4,30	34,86 ± 4,06
	II	36,29 ± 4,45	35,64 ± 4,31	29,85 ± 3,37	30,64 ± 3,75
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	K	42,91 ± 4,61	40,56 ± 4,14	36,89 ± 3,59	33,45 ± 3,46
	I	41,79 ± 4,47	25,91 ± 2,59 **□□	38,57 ± 3,86	37,12 ± 3,41
	II	43,39 ± 4,65	45,42 ± 4,10 ***	40,12 ± 3,70	38,45 ± 3,50
Вітамін А, мкмоль/л	K	1,56 ± 0,29	1,35 ± 0,24	1,24 ± 0,20	1,30 ± 0,28
	I	1,62 ± 0,32	1,20 ± 0,21	1,75 ± 0,34	1,68 ± 0,30
	II	1,93 ± 0,36	1,82 ± 0,31	1,41 ± 0,25	1,45 ± 0,27
Вітамін Е, мкмоль/л	K	4,15 ± 0,62	3,22 ± 0,55	2,75 ± 0,49	2,56 ± 0,52 *
	I	4,53 ± 0,65	3,98 ± 0,57	4,12 ± 0,46 □	3,66 ± 0,44
	II	3,82 ± 0,53	3,51 ± 0,60	2,86 ± 0,40 •	2,48 ± 0,56

Примітки: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$ – порівняно з підготовчим періодом; □ - $P < 0,05$; □□ - $P < 0,01$ – порівняно з контрольною групою; • - $P < 0,05$; •• - $P < 0,01$ ••• - $P < 0,001$ – порівняно з I групою. K – контрольна група, I – I дослідна група, II – II дослідна група

У спермі кнурів-плідників I-ї дослідної групи рівень супероксиддисмутази знижувався наприкінці основного періоду на 11,6 %, а в заклучному періоді – на 17,4 %. Водночас у тварин II-ї дослідної групи порівняно з I-ю дослідною групою активність цього ферменту була вищою на 6,4 % (45-та доба), 23,2 % (60-та доба) та 25,1 % (заклучний період).

Основний та заклучний періоди порівняно з підготовчим характеризувалися підвищенням активності каталази у спермі кнурів-плідників у контрольній та дослідних групах. Найвищий рівень активності цього ферменту спостерігався на 60-ту добу основного періоду: у контрольній групі – 44,6 % ($P < 0,01$), у I-й дослідній групі – 13,9 %, у II-й дослідній групі – 32,8 % ($P < 0,05$).

Проте в I-й та II-й дослідних групах активність каталази на 45-ту і 60-ту добу основного періоду, а також у заклучний період була нижчою порівняно з контрольною групою. Відповідно, ці показники становили: 13,6 % та 11,6 % на 45-ту добу, 31,3 % ($P < 0,01$) і 22,3 % ($P < 0,05$) на 60-ту добу та 18,9 % і 10,3 % у заклучний період.

Концентрація відновленого глутатіону у спермі кнурів-плідників контрольної групи поступово зменшувалася: на 45-ту добу – на 8,3 %, на 60-ту добу – на 25,1 % ($P < 0,05$), а в заклучному періоді – на 30,6% ($P < 0,01$) порівняно з підготовчим періодом.

У представників I-ї дослідної групи рівень глутатіону був вищим відносно контрольної групи, зокрема, наприкінці основного періоду – на 33,8 % ($P < 0,05$), а в заклучному періоді – на 34,9 % ($P < 0,05$). У спермі тварин II-ї дослідної групи концентрація цього ферменту підвищувалася на початку основного періоду на 26,7 %, проте до кінця заклучного періоду знижувалася на 10,3 %.

Рівень аскорбінової кислоти в досліджуваній тканині продемонстрував тенденцію до зниження як в контрольній, так і в дослідних групах. Найбільше зниження спостерігалось на 60-ту добу основного періоду порівняно з підготовчим, зокрема в контрольній та II-й дослідній групах зменшення склало 34,2% ($P < 0,05$) та 17,7 % відповідно, а в I-й групі на 45-ту добу – 19,0 %.

На 45-ту добу експерименту рівень аскорбінової кислоти у I-й дослідній групі був на 8,8 % нижчим за контрольні показники, проте на 60-ту добу зріс на 31,0 % і залишався стабільним до завершення дослідження (14,0 %). У тварин II-ї дослідної групи концентрація аскорбінової кислоти перевищувала контрольні значення на початковому етапі та наприкінці досліду на 9,0 % та 12,8 % відповідно.

Рівень дегідроаскорбінової кислоти у тварин інтактної групи знижувався протягом експерименту за умов підвищених температур: на 5,5 % на 45-ту добу, 14,0 % на 60-ту добу та 22,0 % у заключний період. Внесення коректив у раціон кнурів-плідників дослідних груп, шляхом додавання вітамінів з антиоксидантною дією та хелату цинку сприяло зниженню рівня цієї кислоти порівняно з контрольною групою ($P < 0,01$).

У I-й дослідній групі вміст дегідроаскорбінової кислоти знижувався порівняно з контрольною групою на 36,1 % ($P < 0,01$), після чого спостерігалось його підвищення на 4,5 % наприкінці основного періоду та на 11,0 % в заключний період. Тварини, що отримували до раціону 10 % вітамінно-мінеральну кормову добавку, демонстрували поступове зростання концентрації дегідроаскорбінової кислоти: на 12,0 % на 45-ту добу, на 8,7 % на 60-ту добу та на 14,9 % у заключний період експерименту. Найвищий рівень цієї кислоти в спермі був зафіксований в II-й дослідній групі порівняно з I-ю групою (45-та доба), що становило 75,3 % ($P < 0,001$).

В інтактній групі спостерігалось поступове зниження вмісту вітаміну А у спермі кнурів-плідників протягом основного та заключного періодів відносно підготовчого: на 13,5 % (45-та доба), 20,5 % (60-та доба) та 16,7 % (заключний період).

У I-й дослідній групі концентрація вітаміну А порівняно з контрольною групою зростала: наприкінці основного періоду – на 41,1%, а в заключному – на 29,2%. У II-й дослідній групі ці показники становили 13,7% та 11,5% відповідно.

Найнижча концентрація вітаміну Е у контрольній та дослідних групах спостерігалась у заключному періоді відносно підготовчого, зокрема: 38,3 % ($P < 0,05$) у контрольній групі, 19,2 % – у I-й дослідній групі та 35,1 % – у II-й дослідній групі.

Протягом усього експерименту рівень вітаміну Е у тварин I-ї дослідної групи залишався вищим порівняно з контрольною групою: на 23,6 % (45-та доба), 49,8 % ($P < 0,05$) (60-та доба) та 43,0 % (заключний період). У II-й дослідній групі спостерігалось незначне підвищення концентрації вітаміну Е в основному періоді, проте в заключному періоді його рівень зменшувався на 3,1 %.

Таким чином, системний вплив вітамінів антиоксидантної дії і хелату Цинку у мінімальних кількостях позитивно впливає на процеси сперматогенезу та сприяє формуванню біологічно повноцінних еякулятів, забезпечуючи оптимальний перебіг процесів пероксидного окиснення.

Обговорення

Отримані результати досліджень підтверджують позитивний вплив додаткового введення цинку та вітамінів антиоксидантної дії в раціон кнурів на їхню відтворну здатність. Результати узгоджуються з науковими експериментами сучасних вчених. Зокрема у дослідженнях (Kaewma et al., 2021) це виражається у підвищенні якості еякулятів завдяки збільшенню об'єму сперми та кількості спермій.

Ефективним методом зниження негативного впливу теплового стресу на тварин є включення цинку до складу вітамінно-мінеральних добавок, що містять селен-метіонін, цинк-метіонін, а також вітаміни С (аскорбінова кислота) та Е (альфа-токоферол). Такий підхід сприяє зниженню рівня аномальних спермій і покращенню репродуктивної функції (Horký et al., 2016; Rokotianska, 2020; Gondret et al., 2021).

Результати експериментальних досліджень (Alvarez-Rodriguez et al., 2020) також свідчать про позитивний вплив цинку та антиоксидантів на підтримку прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу організму кнурів в умовах тривалого підвищення температури. Водночас слід враховувати, що дефіцит цинку може виникати через дисбаланс раціону, зокрема через надлишок кальцію. Це може призводити до зниження секреторної функції клітин Лейдіга, порушення цілісності епітелію сім'яних каналців і, відповідно, до погіршення якості еякулятів.

Разом з тим, дослідження Сябро А. С. (Siabro, 2023) показали негативний вплив надлишку міді окремо і в комплексі з цинком, селеном та залізом (перевищення норми на 20 %) на рухливість і виживаність спермій. Це свідчить про необхідність ретельного контролю рівня цих мікроелементів у раціоні кнурів для збереження оптимальної якості сперми.

Дослідження (Domosławska et al., 2019; Pérez & Rodríguez, 2019) показують, що додавання вітамінів Е та С зменшує рівень аномальних форм спермій та підвищує їх життєздатність за рахунок регуляції окисно-відновних процесів.

Таким чином, застосування мікроелементів та вітамінів антиоксидантної дії у раціоні кнурів сприяє підтримці оптимального прооксидантно-антиоксидантного балансу, покращенню показників спермопродукції та загальному підвищенню репродуктивної здатності кнурів-плідників.

Висновки

Виявлено, що в період теплового стресу організм свиней особливо потребує надходження антиоксидантів через високі фізіологічні навантаження. Це можна забезпечити шляхом корекції вітамінно-мінерального живлення, що активує компенсаторні механізми, оптимізує процеси, необхідні для отримання високоякісної спермопродукції, а також поліпшує функціональну активність чоловічих статевих клітин.

Встановлено, що активність та виживаність спермій змінювалися в залежності від дозування цинку у вигляді хелату. При максимальних дозах цього елемента відбувалось зниження якісних показників спе-

рмопродукції на окремих етапах. Водночас введення вітамінів-антиоксидантів в рекомендованих дозах надавало активізуючий вплив, покращуючи показники спермопродукції та сприяючи оптимальному перебігу процесів пероксидного окиснення. Отже, корекція вітамінно-мінерального живлення кнурів-плідників дозволяє коригувати біологічну цінність сперміїв, що має позитивний вплив на розвиток ембріонів, плодів і загальний продуктивний потенціал потомства.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Alvarez-Rodriguez, M., Martinez, C., Wright, D., Barranco, I., Roca, J., & Rodriguez-Martinez, H. (2020). The transcriptome of pig spermatozoa, and its role in fertility. *International journal of molecular sciences*, 21(5), 1572. DOI: 10.3390/ijms21051572.
- Berger, T., & Kasperson, J. P. (2020). Influence of antioxidant vitamins on semen quality and oxidative stress in domestic pigs. *Animal Reproduction Science*, 114(1), 1-12.
- Blagojević, J., Stanimirović, Z., Glavinić, U., Vakanjac, S., Radukić, Ž., Mirilović, M., & Maletić, M. (2024). Impact of Supplemented Nutrition on Semen Quality, Epigenetic-Related Gene Expression, and Oxidative Status in Boars. *Animals*, 14(22), 3297. DOI: 10.3390/ani14223297.
- Chung, T. K. (2020). Vitamins and pig reproduction. *International Pig Topics*, 21(7), 19-21.
- Domosławska, A., Zduńczyk, S., & Janowski, T. (2019). Improvement of Sperm Motility Within One Month Under Selenium and Vitamin E Supplementation in Four Infertile Dogs with Low Selenium Status. *Journal of Veterinary Research*, 63(2), 293–297. DOI: 10.2478/jvetres-2019-0025.
- Dong, H.-J., Wu, D., Xu, S., Li, Q., Fang, Z.-F., Che, L.-Q., Wu, S.-M., Xu, X.-Y., & Lin, Y. (2016). Effect of dietary supplementation with amino acids on boar sperm quality and fertility. *Animal Reproduction Science*, 172, 182–189. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.08.003.
- Galić, I., Dragin, S., Stančić, I., Apić, J., Kladar, N., Spasojević, J., Grba, J., & Kovačević, Z. (2022). Effect of an Antioxidant Supplement Combination on Boar Sperm. *Animals*, 12(10), 1301. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.08.003.
- Gondret, F., Le Floc'h, N., Batonon-Alavo, D. I., Perruchot, M. H., Mercier, Y., & Lebret, B. (2021). Flash dietary methionine supply overgrowth requirements in pigs: Multifaceted effects on skeletal muscle metabolism. *Animal*, 15(7), 100268. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100268.
- Horký, P., Zeman, L., Skládanka, J., Nevrkla, P., & Sláma, P. (2016). Effect of selenium, zinc, vitamin C and E on boar ejaculate quality at heat stress. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(4), 1167–1172. DOI: 10.11118/actaun201664041167.
- Kaewma, S., Suphappornchai, S., Suwimonteerabutr, J., Am-In, N., & Techakumphu, M. (2021). Zinc supplementation improves semen quality in boars. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 51(3), 489–500. DOI: 10.56808/2985-1130.3144.
- Le Floc'h, N., Gondret, F., & Resmond, R. (2021). Identification of blood immune and metabolic indicators explaining the variability of growth of pigs. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 166. DOI: 10.1186/s12917-021-02872-3.
- Lechowski, J., Kasprzyk, A., & Więckowski, W. (2018). Studies on the levels of L-ascorbic acid and deficient in vitamin C in pigs. *Medycyna Weterynaryjna*, 74(1), 48–53. DOI: 10.21521/mw.5833.
- Lee, A. S., Lee, S. H., Lee, S., & Yang, B. K. (2020). Effects of streptozotocin and S-allyl-L-cysteine on motility, plasma membrane integrity, and mitochondrial activity of boar spermatozoa. *Tropical Animal Health and Production*, 52(1), 437–444. DOI: 10.1007/s11250-019-01983-2.
- Manuelian, C. L., Pitino, R., Simoni, M., Mavrommatis, A., De Marchi, M., Righi, F., & Tsiplakou, E. (2021). Plant feed additives as natural alternatives to the use of synthetic antioxidant vitamin on livestock mammals' performances, health and oxidative status: a review of the literature in the last 20 years. *Antioxidants*, 10(9), 1461. DOI: 10.3390/antiox10091461.
- Mattioli, G. A., Rosa, D. E., Turic, E., Picco, S. J., Raggio, S. J., Minervino A. H. H., & Fazio L. E. (2020). Effects of parental supplementation with minerals and vitamins on oxidative stress and humoral immune response of weaning calves. *Animals*, 10(8), 1298. DOI: 10.3390/ani10081298.
- Pérez, M. I., & Rodríguez, M. L. (2019). Effects of vitamin E and selenium supplementation on sperm quality and oxidative stress in boars. *Reproductive Biology*, 19(2), 134–140. DOI: 10.56093/ijans.v9i1i10.117213.
- Petrović, A., Radojković, D., Radović, Č, Gogić, M., Stojiljković, N., Parunović, N., & Savić, R. (2021). In vitro boar fertility during summer and autumn season. *Modern Trends in Livestock Production : proceedings of the 13th International Symposium, Serbia, Belgrade*, 251–631.
- Pintus, E., & Ros-Santaella, J. L. (2021). Impact of Oxidative Stress on Male Reproduction in Domestic and Wild Animals. *Journals Antioxidants*, 10(7), 1154. DOI: 10.3390/antiox10071154.
- Ponnampalam, E. N., Kiani, A., Santhiravel, S., Holman, B., Lauridsen, C., & Dunshea, F. R. (2022) The Importance of Dietary Antioxidants on Oxidative Stress, Meat and Milk Production, and Their Preservative Aspects in Farm Animals: Antioxidant Action, Animal Health, and Product Quality-Invited Review. *Animals*, 12(23), 3279. DOI: 10.3390/ani12233279.
- Prastiya, R. A., Sardjito, T., Saputro, A. L., Hayanti, S. Y., Haryuni, N., & Sasi, S. M. (2025). In vitro study of resveratrol as an antioxidant for boar semen preservation: A systematic review. *Veterinary World*, 18(1), 85–94. DOI: 10.14202/vetworld.2025.85-94.

- Rokotianska, V. O. (2020). Osoblyvosti prooksydantno-antyoksydantnoho homeostazu u spermi knuriv-plidnykiv za koreksii vitaminno-mineralnoho zhyvlennia : dys. ... kand. s.-h. nauk : 03.00.13. Lvivskyi natsionalnyi universytet veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Hzhyskoho. Lviv (in Ukrainian).
- Romero-Aguirregomezcorra, J., Parreño, L. A., Montero, A. Q., & Mateos, J. G. (2024). Assessment of Boar Sperm Quality: New Diagnostic Techniques. *Assisted Reproductive Technologies in Animals*, 1, 265–305. DOI: 10.1007/978-3-031-73079-5_9.
- Rosa, F., Michelotti, T. C., St-Pierre, B., Trevisi, E., & Osorio, J. S. (2021). Early life fecal microbiota transplantation in neonatal dairy calves promotes growth performance and alleviates inflammation and oxidative stress during weaning. *Animals*, 11(9), 2704. DOI: 10.3390/ani11092704.
- Seunghyung, L. (2024). Effects of Taurine and Vitamin E on Sperm Characteristics and Oxidative Stress in the Freezing Semen of Pigs. *Indian Journal of Agricultural Research*, 4. DOI: 10.18805/IJAR.BF-1893.
- Siabro, A. S. (2023). Vplyv prooksydantno-antyoksydantnoho homeostazu na formuvannia vidtvornoj zdatnosti svynei ta sposoby koreksii : dys. ... d-ra filosofii : 204. Poltavskyi derzhavnyi ahrarnyi universytet. Poltava (in Ukrainian).
- Surai, P. F. (2016). Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. *Journal of Animal Research and Nutrition*, 1, 8. DOI: 10.21767/2572-5459.100008.
- Usenko, S. O., Siabro, A. S., Berezhnyskyi, V. I., Chukhlib, Y. V., Slynko, V. H., & Myronenko, O. I. (2019). Novitni aspekty mineralnoho zhyvlennia svynei. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 126–133. DOI: 10.31210/visnyk2019.04.15 (in Ukrainian).
- Zhu, Z., Zeng, Y., & Zeng, W. (2022). Cysteine improves boar sperm quality via glutathione biosynthesis during the liquid storage. *Animal Bioscience*, 35(2), 166–176. DOI: 10.5713/ab.21.0151.