

Полтавська державна аграрна академія

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ
У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ТА ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ
СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ**

Колективна монографія

**За редакцією І. О. Яснолоб,
Т. О. Чайки, О. О. Горба**

Полтава – 2019

УДК 620.92

А 58

Рецензенти:

В. В. Гамаюнова, д-р с.-г. наук, проф., завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету

В. В. Писаренко, д-р екон. наук, проф., завідувач кафедри маркетингу Полтавської державної аграрної академії

М. М. Харитонов, д-р с.-г. наук, проф., професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (протокол № 1 від 24.09.2019 р.)

А 58 Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій : колективна монографія ; за ред. І. О. Яснолоб, Т. О. Чайки, О. О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2019. 276 с.

ISBN 978-617-7669-40-0

У колективній монографії з позицій міждисциплінарного підходу викладено результати досліджень сучасного стану використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій. Наведено економічні, соціальні та правові проблеми використання альтернативних джерел енергії. Розглянуто питання щодо агроекологічних особливостей та перспектив використання альтернативних джерел енергії в сучасних умовах. Визначено проблеми та перспективи технологічних і технічних рішень в галузі альтернативної енергетики. Досліджено напрями вдосконалення використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій. Розкрито використання вітчизняного і зарубіжного досвіду у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій.

Колективна монографія є частиною науково-дослідних тем Полтавської державної аграрної академії «Концепція розвитку енергоефективних і енергонезалежних сільських територій задля зміцнення конкурентоспроможності національної економіки» (номер державної реєстрації 0119U100028 від 10.01.2019 р.) та «Розробка оптимальних енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії в умовах Лісостепу України» Полтавської державної аграрної академії (номер державної реєстрації 0117U000397 від 10.02.2017 р.).

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями використання альтернативних джерел енергії в умовах сільських територій.

УДК 620.92

Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

ISBN 978-617-7669-40-0

© Колектив авторів, 2019.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	9
1.1. Торфові ресурси Волинської області як перспективна місцева енергетична сировина (<i>Ільїна О. В., Громик О. М.</i>)	9
1.2. Рівень формування врожайності пшениці озимої як альтернативного джерела енергії в конкурентних сумішах (<i>Костогриз К. П.</i>)	17
1.3. Підвищення продуктивності пшениці озимої під впливом сівозмін, фонів удобрення та обробітку ґрунту (<i>Перепелиця А. А., Левченко Л. М., Шандиба В. О.</i>)	23
1.4. Біоенергетичний потенціал Полтавської області (<i>Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю.</i>)	29
1.5. Державне регулювання конкурентоспроможного виробництва біопалив: світовий досвід та дороговкази для України (<i>Ходаківська О. В., Климчук О. В.</i>)	47
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІЧНІ, СОЦІАЛЬНІ ТА ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	58
2.1. Діяльність податкових органів в сфері адміністрування податків: зарубіжний досвід для України (<i>Безкровний О. В., Арестов О. О., Гончар М. О.</i>)	58
2.2. Концептуальні засади соціально-економічного розвитку сільських територій (<i>Яснолоб І. О., Радіонова Я. В., Зоря О. П., Дем'яненко Н. В.</i>)	64
РОЗДІЛ 3. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	72
3.1. Оцінка агрокліматичних умов вирощування та фотосинтетичної продуктивності біоенергетичної культури міскантус в контексті очікуваних змін клімату (<i>Вольвач О. В., Волошина О. В., Жигайло О. Л.</i>)	72
3.2. Роль відновлюваних джерел енергії у розвитку сільських територій (<i>Галанець В. В., Дзюрах Ю. М.</i>)	80
3.3. Агроекологічні особливості формування продуктивності гороху в умовах змін клімату в лісостеповій зоні України (<i>Колосовська В. В.</i>)	87

3.4. Перспективи вирощування тритикале озимого як джерела поновлювальної енергії в умовах зміни клімату в Західному Лісостепу України (<i>Костюкєвич Т. К., Толмачова А. В., Бортник М. В.</i>)	94
3.5. Біоенергетична ефективність проміжних культур (<i>Німець О. М.</i>)	101
3.6. Інституціональні аспекти управління енергозбереженням та використанням інноваційних джерел енергії у сільському господарстві (<i>Однорог М. А.</i>)	108
3.7. Вплив розчину бішофіту на урожайність вегетативної маси ячменю як альтернативного джерела енергії (<i>Писаренко П. В., Горобець М. В.</i>)	115
3.8. Оцінка динаміки вуглецю та викидів CO ₂ в польовій сівозміні в умовах зміни клімату (<i>Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.</i>)	122
3.9. Паливні брикети з соломи сої як вид альтернативної енергії (<i>Соломон Ю. В.</i>)	130

РОЗДІЛ 4. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ 139

4.1. Вплив агротехнічних заходів вирощування на формування врожайності насіння проса прутоподібного (<i>Кулик М. І., Рожко І. І.</i>)	139
4.2. Глобальні кліматичні зміни та заходи щодо зменшення їх негативного впливу на аграрну сферу (<i>Опара М. М., Опара Н. М.</i>)	149
4.3. Проблеми та перспективи технологічних та технічних рішень в галузі альтернативної енергетики (<i>Руденко О. М.</i>)	160
4.4. Сільськогосподарське будівництво: альтернативні напрями підвищення енергоефективності (<i>Самойлик Ю. В.</i>)	167
4.5. Технічні рішення в створенні відновлюваних джерел світла (<i>Сахно Т. В., Семенов А. О., Короткова І. В., Семенова Н. В.</i>)	175

РОЗДІЛ 5. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ 186

5.1. Використання біоенергетичних технологій як альтернативного джерела енергії для підвищення енергоефективності та енергоощадності сільських територій в Україні (<i>Бернацька Н. Л., Тупіло І. В.</i>)	186
---	-----

РОЗДІЛ 4

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В ГАЛУЗІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

4.1. Вплив агротехнічних заходів вирощування на формування врожайності насіння проса прутоподібного

Кулик М. І., Рожко І. І.
Полтавська державна аграрна академія

Розвиток та використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії (вітрової і сонячної енергії, біопалива, тощо) є вагомим фактором для зміцнення енергетичної безпеки країн, що розвиваються та зменшення негативного техногенного впливу на навколишнє природне середовище. Важливість розвитку альтернативної енергетики є очевидною, адже вона відіграє вирішальну роль у зменшенні парникових викидів, зниженні негативного впливу на довкілля, підвищує безпеку енергопостачання, допомагає зменшити залежність від імпорту енергії. При цьому важливо мати уявлення про весь спектр відновлювальних джерел енергії, які можна використати в сучасному народному господарстві [117], з-поміж яких рослинна біомаса є найбільш вагомим чинником зменшення енергетичної залежності територіальних громад.

Біомаса в Україні займає лідируюче місце з-поміж інших видів джерел енергії, формуючи значну частку ринку відновлюваних джерел енергії, що в перспективі може забезпечити виробництво тепла, електроенергії з різних видів біопалив: твердого (гранули, брикети), рідкого (біоетанол, дизельне біопаливо) та газоподібного (біогаз) [118].

Біомаса багаторічних енергетичних культур є найбільш придатною сировиною для виробництва усіх видів біопалива і є основою для отримання дешевої енергії в багатьох країнах світу. Енергетичні культури – це рослини, що характеризуються багаторічним циклом життя, здатні накопичувати значну кількість фітомаси за рахунок інтенсивного росту і розвитку, що відбувається впродовж тривалого періоду – від ранньої весни до пізньої осені [119] (рис. 1).

¹¹⁷ Elbersen W., Kulyk M. at all. Switchgrass Ukraine: overview of switchgrass research and guidelines. Wageningen UR Food & Biobased Research. 2013. 26 p.

¹¹⁸ Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Інформаційно-аналітичний бюлетень «Відомості Міністерства палива та енергетики України». Спеціальний випуск. Київ, 2006. 113 с.

¹¹⁹ Кулик М. І., Рожко І. І., Тупиця А. М. Агроекологічні особливості використання рослинної сировини для виробництва біопалива : зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. : Хімія, екологія та освіта. Полтава, 2017. С. 187–191.



Міскантус гігантський



Верба енергетична



Просо прутоподібне

Рис. 1. Енергетичні культури

Джерело: дані [120].

З-поміж енергетичних культур, найбільш поширеними на території України, вивченими за ботаніко-біологічними особливостями та елементами технології вирощування є представники родини тонконогових: просо прутоподібне, міскантус гігантський та Вербових – верба прутувидна [121].

Просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) – багаторічна трав'яниста рослина з родини тонконогових (*Poaceae*) роду просових. Рід *Panicum* містить більш ніж 450 різних видів, що різняться за морфологічними ознаками генеративних органів та мають п'ять різних базових хромосомних чисел (від 8 до 15) [122].

За морфологічною будовою рослина проса прутоподібного складається з: мичкуватої кореневої системи, стебла, листків, суцвіття (рис. 2), в якому у колосках формується плід – зернівка.

Рослини проса прутоподібного за висотою варіюють від 100–150 до 210–250 см. Число продуктивних пагонів на рослині становить від 12–14 до 30–35 шт. Рослини залежно від форми бувають прямі і напіврозлогі. Число метамерів на стеблі становить від 3 до 7, а у окремих форм – до 9. Діаметр у основі стебла в середньому становить 4–6 мм, але зустрічаються форми з тонкими і товстими стеблами. Листкова пластинка досягає довжини 50–60 см, у деяких форм може бути значно довшою; а ширина її в середньому становить 11–14 мм [123].

¹²⁰ Кулик М. І. Енергетичні культури: альбом. Полтава : Астроя. 2017. 38 с.

¹²¹ Christian D. G., Elbersen H. W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In: N. El Bassam. Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London: James and James publishers, 1998: 257–263.

¹²² Christian D. G., Elbersen H. W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In: N. El Bassam. Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London: James and James publishers, 1998: 257–263.

¹²³ Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Вип. 1 (88), 2018. С. 11–17.



А



Б

Рис. 2. Просо прутоподібне (*Panicum virgatum*):

А – загальний вигляд рослини, Б – коренева система

Джерело: дані [124].

За вивчення морфологічної будови генеративної частини рослин проса прутоподібного було встановлено, що суцвіття у проса прутоподібного – волоть, здебільшого розлогої форми. Волоть складається з основної осі, що розгалужується на гілочки першого, другого та наступного порядків. На кінцях гілочок розміщуються колоски (рис. 2), в яких формується насіння (рис. 3).



4

Рис. 3. Будова суцвіття проса прутоподібного:

- 1 – центральна вісь,
- 2 – гілочки першого порядку,
- 3 – гілочки другого порядків,
- 4 – колоски.

¹²⁴ Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3 (63). С. 4–12.

У більшості генотипів проса прутіноподібного формується розлога волоть з відхиленням гілочок від центральної осі на 45° з супротивно-почерговим галуженням; кожен сорт відрізняється від іншого за елементами структури волоті та кількістю квіток у ній, з яких після запилення та запліднення розвивається плід [125].

Плід у проса прутіноподібного – однонасінна дрібна зернівка, яка складається із зародку, щитка, ендосперму і двох оболонок: внутрішньої насінної та зовнішньої – плодової (рис. 4).

Просо прутіноподібне має дрібне насіння з гладкою поверхнею та високий рівень стану спокою, особливо відразу після збирання. Вага насіння залежить від умов навколишнього середовища та сортових властивостей і змінюється в межах 1,0–2,0 г на 1000 насінин. Відповідно до крупності, насіння проса прутіноподібного поділяють на: крупне – маса 1000 насінин $\geq 1,8$ г, середнє – маса 1000 насінин 1,5–1,8 г, дрібне – маса 1000 насінин $\leq 1,5$ г [126].



Рис. 4. Зернівка проса прутіноподібного:
зліва – збільшено, справа – загальний вигляд.

Просо багаторічне проходить повний цикл розвитку (від насіння до насіння) протягом першого вегетаційного періоду. Завершує інтенсивну вегетацію в III декаді серпня–кінці жовтня залежно від генотипу. Після перезимівлі, рано навесні (II декада квітня) починається інтенсивне відростання рослин. Фаза виходу в трубку настає з 2-ї декади липня. Цвітіння проходить з 3-ї декади липня до 1-ої декади серпня. Достигання припадає на кінець вересня – середину жовтня. Вегетаційний період становить 175–185 діб. Тривалість життя проса прутіноподібного до 10–15 років на одному місці [127].

Урожайність надземної фітомаси рослин проса прутіноподібного в період появи волоті становить 42–64 т/га, в період цвітіння – 42,7–70,2 т/га; сухої маси – 10–15 т/га; насіння – 500–600 (іноді до 1000) кг/га.

¹²⁵ Кулик М. І., Рожко І. І. Закономірності формування урожайності насіння проса прутіноподібного в умовах Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 4 (91). С. 85–99.

¹²⁶ Кулик М. І., Рожко І. І. Урожайні властивості та посівні якості насіння проса прутіноподібного залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 2 (89). С. 78–84.

¹²⁷ Кулик М. І. Динаміка відростання пагонів проса лозоподібного після відновлення весняної вегетації : тези Міжнар. наук.-практ. конф.: Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин, 14 січня 2014 р. Полтава : ФОП Корзун, 2014. С. 103–106.

Енергопродуктивність рослин – 40–60 (до 80) Гкал/га [128].

Особливості онтоморфогенезу рослин проса прутоподібного досліджено протягом першого та наступних років життя за багаторічний період. Протягом вегетаційного періоду просо прутоподібне проходить певні періоди, що пов'язано зі змінами кількісних і якісних характеристик рослин. Тому ми рекомендуємо фіксувати дати настання наступних фаз росту і розвитку після сівби – від сходів до закінчення вегетації рослин. Період сівба – сходи у проса прутоподібного досить подовжений (може тривати до 30 діб), що пов'язано як з будовою насінних оболонок, так і потребою у необхідній кількості вологи для прискорення біохімічних перетворень в ендоспермі насінини [129].

У період утворення третього справжнього листка вторинні (другого порядку) корені проса прутоподібного відходять від стеблового вузла за умови наявності вологи протягом декількох діб.

Наступні етапи росту і розвитку рослин проса прутоподібного – це настання фаз кущіння та виходу в трубку, під час проходження яких відмічено значний приріст рослин у висоту.

На початку червня рослини розвиваються до фази кущіння і формують травостій висотою 50–70 см.

Інтенсивний ріст рослин триває до першої декади серпня, коли вони розвиваються до фази цвітіння та досягають висоти 140–160 см.

Найінтенсивніший ріст рослин проса прутоподібного відбувається у літній період протягом фази цвітіння і досягає близько 75 % усієї біомаси рослини. До початку досягання насіння уповільнюються ростові параметри рослин. Фаза досягання насіння у різних форм проса прутоподібного настає у різні строки і залежить від температурного режиму.

Після завершення фази цвітіння стебла дерев'яніють та старіють, оскільки у рослини настає період плодоношення-досягання насіння.

Залежно від формових та сортових особливостей рослини ранніх форм завершують інтенсивну вегетацію у III декаді серпня, середніх форм – до кінця вересня, пізніх форм – до кінця жовтня [130].

В окремі роки рослини пізніх і дуже пізніх форм взагалі лишаються зеленими до сильних приморозків (–5...–7 С). Для рослин різних форм та сортів проса прутоподібного характерне різнокольорове осіннє забарвлення надземної маси, що свідчить про закінчення вегетації рослин і дозрівання насіння [131].

В умовах України цикл росту та розвитку рослин проса

¹²⁸ Кулик М. І. Енергетичні культури: навчальний посібник. Полтава : Астроя, 2016. 154 с.

¹²⁹ Кулик М., Іщенко Т., Недаєв І. Посівні якості насіння проса лозоподібного залежно від сорту. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 16–17 жовтня 2014 р. Тернопіль : Крок, 2014. С. 47–49.

¹³⁰ Науковий твір: Ботаніко-біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур, автори: М. І. Кулик, І. І. Рожко, М. А. Галицька (Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76724 від 8.02.2018 р.).

¹³¹ Кулик М. Однажды посеяв, многократно собираем. *Зерно*. 2014. № 3. С. 99–102.

прутоподібного завершується в жовтні–листопаді, до настання стійкого похолодання. У період завершення вегетації відбувається відтік запасних речовин з листків та стебел до вузла кущення і кореневищ, де вони зберігаються до наступного циклу росту. Відновлення весняної вегетації рослин проса прутоподібного – початок наступного етапу у великому життєвому циклі культури, після чого фази росту і розвитку повторюються протягом багатьох років до закінчення вегетаційного періоду. Таким чином, просо прутоподібне може належати до злакових трав з дуже тривалим продуктивним довголіттям (до 10–15, та понад 20 років) [132].

В умовах зарубіжжя встановлено, що насіннева продуктивність проса прутоподібного знаходиться в межах 220–560 кг/га, а в окремих випадках може досягати 1000 кг/га. Доведено, що високий рівень спокою насіння можна зменшити, зберігаючи його за кімнатної температури терміном до чотирьох років, хоча це може призвести до зменшення дружності сходів [133].

У публікаціях вітчизняних науковців експериментальним шляхом встановлено, що в умовах Полтавської області просо прутоподібне сортів Санбурст і Кейв-ін-рок другого року вегетації формує насіннєву продуктивність, відповідно, за сортами 597 і 373 кг/га [134].

Авторами публікації встановлено особливості формування насінневої продуктивності рицини та проса прутоподібного залежно від погодних умов вирощування та біометричних показників генеративної частини рослин. Встановлено, що високі біометричні показники проса прутоподібного (висота рослин, довжина волоті, їх кількість, маса насіння з рослини та його крупність) отримано у більш зволжених роках з ГТК > 1,0. Високий урожай насіння проса прутоподібного формується під впливом довжини і кількості волотей на рослинах за умов зволоження, близьких до оптимальних. За посушливих умов – зростає вплив довжини волоті, середній вплив має маса 1000 насінин, що обумовлюють насіннєву продуктивність проса прутоподібного. Найбільшу врожайність насіння проса прутоподібного отримали у 2014 році (0,93 т/га), в межах НІР05 – у 2015 році (0,86 т/га) із істотним зменшенням даного показника у 2012 році – на 0,39 т/га, у 2013 році – на 0,29 т/га, та у 2016 році – на 0,17 т/га [135].

Поряд з цим, встановлено, що формування урожайності

¹³² Кулик М. І. Менеджмент вирощування енергетичних культур для виробництва біопалива: науково-практичні рекомендації. Полтава : Полтавська ДАА, 2015. 24 с.

¹³³ Moser L. E. and K. P. Vogel. 1995. Switchgrass, Big Bluestem, and Indiangrass. In: An introduction to grassland agriculture. R. F. Barnes, D. A. Miller and C. J. Nelson (eds.): Iowa University Press. P. 409–420.

¹³⁴ Мороз О. В., Смірних В. М., Курило В. Л. [та ін.] Світчграсс як нова фітоенергетична культура. *Цукрові буряки*. Вип. № 3 (81), 2011. С. 12–14.

¹³⁵ Kulyk M., Shokalo N. Impact of plant biometric characteristics on seed productivity of castor-oil plant and switchgrass depending upon weather conditions of the vegetation period in the forest-steppe of Ukraine : Relevant issues of development and modernization of the modern science: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine : monograph ; edited by authors. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2018. P. 182–204.

енергетичних культур залежить і від морфо метричних показників біопаливної частини рослин [136].

У зв'язку з тим, що просо прутоподібне вже інтродуковане в Україні і на даний час вивчається як сировина для виробництва біопалива, то дослідження з оптимізації умов росту і розвитку рослин для забезпечення насіннєвої продуктивності культури є актуальним питанням сьогодення. Беручи до уваги необхідність забезпечення аграрного сектору насіннєвим матеріалом енергетичних культур, нами була здійснена спроба вирішити важливу проблему збільшення врожайності насіння проса прутоподібного за удосконалення елементів технології вирощування культури.

Метою дослідження є встановлення впливу умов вирощування на елементи продуктивності та врожайність насіння проса прутоподібного. Завдання досліджень передбачали визначення особливостей формування кількісних показників рослин залежно від елементів технології вирощування, з урахуванням погодних умов та їхнього впливу на врожайність насіння проса прутоподібного.

За проведення досліджень застосовувались як загальнонаукові методи (діалектики, експерименту, аналізу і синтезу, метод гіпотез, моделювання), так і спеціальні, з-поміж них: *польовий* – вивчення взаємодії предмету з об'єктом досліджень; *підрахунково-ваговий* – встановлення параметрів показників елементів структури врожаю і визначення врожайності; *фізичний* – оцінка посівних якостей насінного матеріалу проса прутоподібного; *розрахунково-порівняльний* – оцінка економічної і енергетичної ефективності; *методи математичної статистики*: дисперсійний, кореляційний, регресивний аналізи та графічне відображення отриманих даних по дослідях.

Польові досліді закладались і виконувались з урахуванням усіх вимог методики дослідної справи за Б. А. Доспеховим (1985) [137], та з урахуванням методичних рекомендацій [138] та методик [139].

Дослід з вивчення впливу ширини міжряддя та застосування азотного підживлення навесні на врожайність проса прутоподібного.

Перелік досліджуваних чинників: фактор А – роки дослідження (2010–2016 рр.); фактор Б – ширина міжряддя: варіант 1 – 30 см, варіант 2 – 45 см, варіант 3 – 60 см, варіант 4 – 75 см; фактор В – дози азотного підживлення рослин навесні: варіант 1 – N0 (контроль), варіант 2 – N45.

¹³⁶ Кулик М. І., Штена А. О. Вивчення енергетичних культур за морфометричними показниками біопаливної частини рослин та врожайністю біомаси. Сучасний рух науки : тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 4–5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 602–605.

¹³⁷ Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1985. 336 с.

¹³⁸ Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного / В. Л. Курило, М. Я. Гументик, Г. С. Гончарук, В. М. Смірних, А. М. Горобець, В. В. Каськів, О. В. Максименко, С. М. Мандровська. Київ : ІБКіЦБ, 2012. 28 с.

¹³⁹ Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутоподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.

Залежно від погодних умов року та елементів технології вирощування кількісні показники рослин проса прутоподібного розпочинаючи з третього року вегетації культури характеризувалися значним варіюванням: в умовах 2014 року висота рослин варіювала від 140,1 до 149,8 см, у 2015 році – від 148,0 до 161,5 см, у 2016 році – від 152,0 до 180,0 см.

Незалежно від умов року дослідження більшу висоту, порівняно із контрольними варіантами, рослини проса прутоподібного забезпечували на варіантах із підживленням та збільшенні ширини міжряддя. За роки дослідження чітко простежується кореляційна залежність: із збільшенням ширини міжряддя (від 30 до 75 см), на фоні застосування весняного підживлення – зростає висота рослин проса прутоподібного. Це свідчить про те, що при збільшенні площі живлення рослин за їх вирощування на ширших міжряддях буде зростати висота стеблостою культури, та навпаки.

Густота стеблостою проса прутоподібного за роки проведення експерименту мала чітку тенденцію до зростання – від 124,0 у 2014 році до 313,0 шт./м.п. у 2016 році. В умовах 2014 року кількість стебел проса прутоподібного змінювалась у межах – від 124,0 до 156,0 шт./м.п., у 2015 році – від 146,0 до 213,0 шт./м.п., у 2016 році – від 215,0 до 313,0 шт./м.п.

За роки дослідження найбільшу кількість стебел просо прутоподібне забезпечило при вирощуванні рослин на міжрядді 45 см та проведення весняного підживлення посівів: у 2014 році на рівні 156,0 шт./м.п., у 2015 році – 213,0 шт./м.п., у 2016 році – 313,0 шт./м.п.

Залежність між шириною міжряддя і роком дослідження, висотою та густотою стеблостою проса прутоподібного за 2014–2016 рр. наведено на рис. 5.

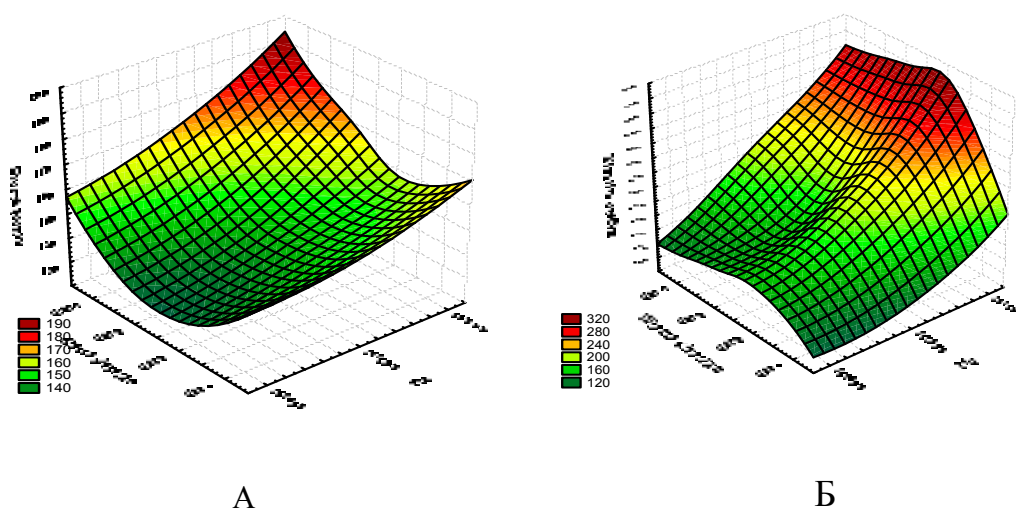


Рис. 5. Залежність між висотою (А) та густотою стеблостою (Б) проса прутоподібного та шириною міжряддя і роком дослідження, 2014–2016 рр.

Джерело: авторська розробка.

За встановлення зв'язку між висотою рослин та кількістю стебел проса прутоподібного визначено, що ці показники взаємозалежні ($r=0,74$), тобто із збільшенням висоти рослин буде збільшуватись кількість стебел, та навпаки ($d=0,55$).

Порівнюючи отримані результати за усі роки проведення дослідження можна стверджувати, що вищими рослини проса прутоподібного були на варіантах із проведенням підживлення та за ширини міжряддя 60–75 см. Кількість стебел проса прутоподібного була більшою за вирощування його при ширині міжряддя 45 см та проведення весняного підживлення рослин (рис. 6).

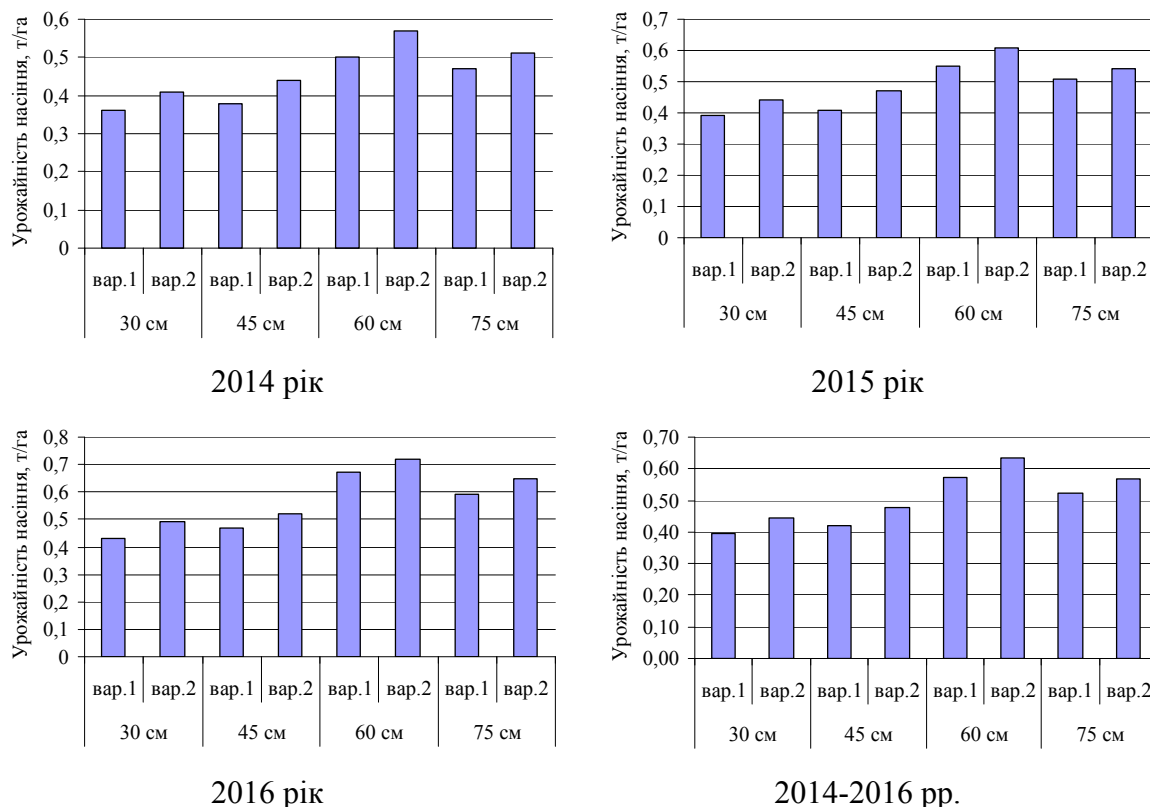


Рис. 6. Урожайність насіння (т/га) проса прутоподібного третього-п'ятого років вегетації залежно від елементів технології вирощування, 2014–2016 рр.

Джерело: авторська розробка.

Найбільший вплив на урожайність насіння проса прутоподібного має застосування підживлення за вирощуванні рослин при ширині міжряддя 60 см. Як збільшення, так і зменшення ширини міжряддя призводить до зниження насінневого врожаю культури (рис. 7).

Поряд з цим, визначено, що кількісні показники рослин (висота і густота стеблостою) мають середній кореляційний зв'язок з урожайністю насіння проса прутоподібного. За результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що урожайність насіння проса прутоподібного залежить від висоти рослин за коефіцієнта кореляції $r=0,51$, та від кількості стебел за коефіцієнта кореляції $r=0,48$.

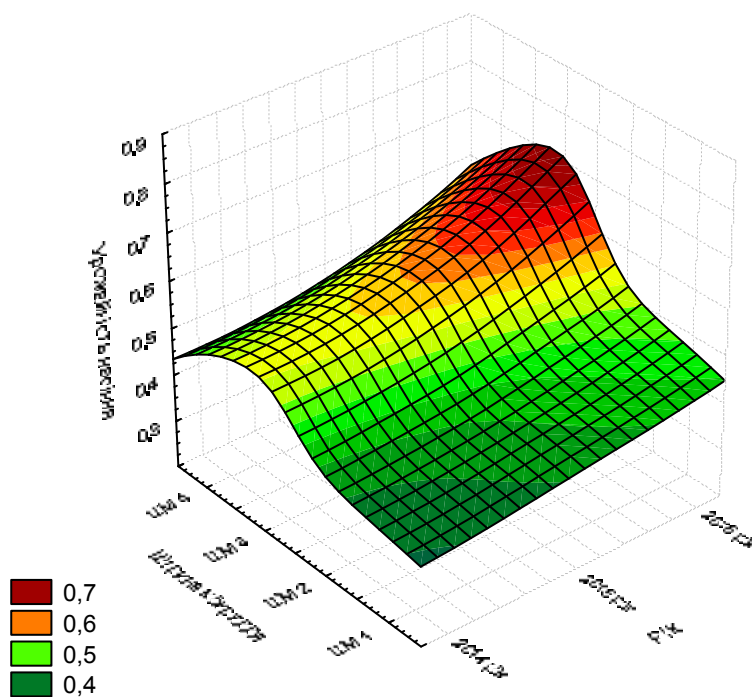


Рис. 7. Залежність між шириною міжряддя і роком дослідження та врожайністю насіння проса прутноподібного, 2014–2016 рр.

Джерело: авторська розробка.

За встановлення зв'язку між погодними умовами вирощування періоду формування насіння (середньодобова температура повітря та кількість опадів) та врожайністю насіння проса прутноподібного встановлено множинну залежність. Згідно якої визначено, що найбільший вплив на формування насіннєвої продуктивності культури за роки дослідження має середньомісячна кількість опадів 20–80 мм та середньодобова температура повітря – більше 22 °С.

Висновки. В умовах Лісостепу України рослини проса прутноподібного здатні формувати потужну фітомасу та забезпечувати насіннєву продуктивність. Встановлено, що поряд з погодними умовами, найбільший вплив на врожайність насіння проса прутноподібного (0,57 до 0,72 т/га) має застосування підживлення N_{45} за вирощуванні рослин при ширині міжряддя 60 см. Як збільшення, так і зменшення ширини міжряддя призводить до зниження рівня насіннєвого врожаю культури. Урожайність насіння проса прутноподібного на 26 % залежить від висоти рослин за коефіцієнта кореляції $r = 0,51$, та на 23 % – від кількості стебел за коефіцієнта кореляції $r = 0,48$.