

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В. Я. ЮР'ЄВА

**КУЛИК МАКСИМ ІВАНОВИЧ**

УДК 633.179:631.5:63:502

**АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА  
ПРУТОПОДІБНОГО (*Panicum virgatum* L.) В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ  
УКРАЇНИ**

**06.01.09 – рослинництво**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора сільськогосподарських наук**

**Харків – 2019**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Полтавській державній аграрній академії МОН протягом 2008-2017 рр.

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН  
**Курило Василь Леонідович**,  
Вінницький національний аграрний університет МОН,  
професор кафедри сільськогосподарських машин

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН  
**Лихочвор Володимир Володимирович**,  
Львівський національний аграрний університет МОН,  
завідувач кафедри технологій у рослинництві

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**Попов Сергій Іванович**,  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН,  
керівник відділу рослинництва та сортовивчення

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**Рожков Артур Олександрович**,  
Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва МОН,  
завідувач кафедри рослинництва

Захист відбудеться 11 червня 2019 р. о 9 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.366.01 при Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН за адресою: 61060, м. Харків, пр. Московський, 142, тел. моб. +38 098 949 4524, e-mail: yuriev1908@gmail.com

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН за адресою: 61060, м. Харків, пр. Московський, 142.

Автореферат розіслано 6 травня 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Ю. Є. Огурцов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми досліджень.** Зменшення енергетичної залежності населення територіальних громад за використання рослинної сировини як альтернативного джерела енергії, особливо при вирощуванні енергетичних культур на маргінальних землях, є актуальним напрямом досліджень. В умовах Лісостепу України найбільш перспективною та адаптованою культурою до умов вирощування є просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.), біомаса якого використовується у якості сировини для виробництва біопалив. Проте, рівень урожайності, обсяги виробництва та якість біомаси є недостатніми для забезпечення внутрішніх енергетичних потреб. Розроблені на даний час елементи технології вирощування проса прутіподібного є високозатратними та в сучасних економічних умовах не завжди себе виправдовують – в основному посіви культивуються на високопродуктивних ґрунтах дослідних станцій, мало уваги приділено елементам біологізації та агроекологічному обґрунтуванню вирощування культури в умовах Лісостепу України.

Питання використання енергетичних культур в якості рослинних енергоресурсів доволі широко розглянуто в науковій літературі. Значний внесок у вирішення проблеми використання біологічно поновлюваних рослинних ресурсів, у тому числі енергетичних культур, їх інтродукції, селекції та удосконалення елементів технології вирощування зробили В. Л. Курило, М. В. Роїк, М. Я. Гументик, В. А. Доронін, В. В. Думич, С. Д. Орлов, Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, Г. М. Калетнік, С. М. Мандровська та ін.

Інтродукція проса прутіподібного, вивчення його ботаніко-біологічних та адаптивних властивостей, розробка окремих елементів та оптимізованої технології вирощування на маргінальних землях, а також впровадження її у широкомасштабне виробництво дозволить: стабільно отримувати врожайність надземної вегетативної біомаси проса прутіподібного, як сировини для виробництва біопалива, на рівні або більше 15,0 т/га, зменшити енергозалежність України від імпорту непоновлювальних енергоресурсів та поліпшити добробут населення сільських територій. Це і визначає актуальність та пріоритетність досліджень, висвітлених у дисертаційній роботі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані відповідно до ініціативної наукової тематики «Розробка елементів технології вирощування, збирання і переробки енергетичних культур в умовах Полтавської області» (2008–2010 рр.), Міжнародного наукового проекту уряду королівства Нідерландів «Pellets for power: Sustainable biomass import from Ukraine» – Стале виробництво біомаси в Україні, код проекту DBI01010 (2010–2013 рр.), державної науково-технічної програми «Агроекологічні засади вирощування енергетичних культур в умовах України», номер державної реєстрації 0114U004828 (2014–2017 рр.) і є частиною НДДКР «Розробка оптимальних енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії в умовах Лісостепу України» Полтавської державної аграрної академії МОН, номер державної реєстрації 0117U000397 (2017–2020 рр.).

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження полягала у науковому обґрунтуванні агроекологічних основ формування врожайності проса прутоподібного для умов недостатнього зволоження Лісостепу України та розробці оптимізованої технології вирощування культури, яка базувалася б на принципах адаптивного рослинництва.

Для досягнення зазначеної мети передбачалося вирішення наступних завдань:

- виявити найбільш урожайні сорти проса прутоподібного залежно від умов вирощування, терміну досягання, вмісту сухої речовини у біомасі та строків збирання;

- визначити оптимальні параметри кількісних показників рослин – структурних елементів урожайності, їх взаємозв'язок з метою регулювання, оптимізації росту і розвитку рослин забезпечення високої продуктивності проса прутоподібного;

- встановити вплив агроекологічних умов вирощування, окремих агрозаходів на врожайність біомаси та насіння, способів допосівної підготовки насіння на посівні якості насіння проса прутоподібного;

- встановити залежність урожайності біомаси проса прутоподібного від способу вирощування (виду посіву), структури фітоценозу, вмісту органічної речовини та важких металів у ґрунті (фітореMediaційні властивості культури);

- обґрунтувати комплекс основних агротехнічних заходів на основі: вивчення основного та передпосівного обробітку ґрунту, розробки системи підживлення посівів, встановлення оптимальної ширини міжрядь, визначення способу сівби, строків сівби та норми висіву насіння, які забезпечують високу реалізацію потенціалу врожайності проса прутоподібного;

- визначити особливості формування врожайності біомаси проса прутоподібного залежно від вирощування культури в різновидових посівах та застосування підживлення посівів;

- виявити вплив оптимізованої технології вирощування на врожайність проса прутоподібного для визначення можливості управління продукційним процесом та корегування технології залежно від метеорологічних умов року;

- провести економічну та енергетичну оцінку окремих елементів та оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного.

*Об'єкт дослідження* – процес оптимізації виробництва біомаси та насіння проса прутоподібного в умовах Лісостепу України, агроекологічні основи формування і реалізації потенціалу врожайності культури залежно від ґрунтово-кліматичних умов та агротехнологічних факторів.

*Предмет дослідження* – рослини проса прутоподібного, окремі агрозаходи технології вирощування, елементи структури врожаю, врожайність біомаси та насіння, економічна та енергетична ефективність технологій.

*Методи дослідження.* 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; *хімічний* – визначення вмісту елементів живлення та вмісту органічної речовини в ґрунті; *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 дослідах.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше для зони Лісостепу України теоретично обґрунтовані та розроблені наукові основи агротехнічних прийомів вирощування проса прутоподібного для біопаливного напрямку використання. Встановлені закономірності росту та розвитку рослин під впливом абіотичних факторів, що дозволило оптимізувати технологічні заходи виробництва біомаси проса прутоподібного на біомасу та насіння.

Вперше встановлено, що основою біологізації технології вирощування проса прутоподібного є вирощування його в бінарних посівах з бобовим компонентом та застосування зменшених норм азотних добрив у підживленні посівів. Вперше вивчено вплив сумісного вирощування проса прутоподібного із люпином жовтим на формування елементів структури врожаю та врожайність біомаси.

Розроблено наукову методику обліку біологічного та фактичного врожаю за сухою біомасою з використанням оптимальних значень елементів структури, які можуть бути використані при моделюванні з допомогою комп'ютерних програм технологій вирощування енергетичних культур, в т.ч. і проса прутоподібного.

Для умов недостатнього зволоження Лісостепу набуло подальшого розвитку вивчення сортів проса прутоподібного, на підставі обґрунтування агробіологічних основ формування їхньої врожайності.

Удосконалено параметри сівби проса прутоподібного за оптимізованої технології вирощування: система передпосівного обробітку ґрунту, спосіб сівби, строк сівби, ширина міжрядь, норма висіву насіння для збільшення врожайності біомаси проса прутоподібного.

Подальшого розвитку набуло вирішення проблеми ефективного використання мінеральних добрив при вирощуванні проса прутоподібного за багаторічного циклу використання енергоплантацій. Для умов досліджуваної зони встановлено оптимальні строки і дози азоту для підживлення рослин з урахуванням стану посівів, гідротермічних умов року, що дає можливість цілеспрямовано впливати на реалізацію продуктивного потенціалу фітоценозу.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі багаторічних досліджень для умов Лісостепу встановлено оптимальні параметри агрофітоценозу проса прутоподібного та розроблена оптимізована технологія вирощування, що забезпечує: суттєве зменшення впливу нерегульованих факторів навколишнього середовища, одержання високої врожайності культури за сухою масою та зменшення витрат ресурсів на виробництво біомаси. Встановлено доцільність сумісного вирощування проса прутоподібного із люпином, що дозволило зменшити дози внесення азотних добрив у підживлення посівів та забезпечило зниження екологічного навантаження на

грунти, підвищення рентабельності та енергетичної ефективності виробництва біомаси.

Оптимізована технологія та основні її елементи апробовані на дослідно-селекційних станціях Лісостепової зони України на площі 5,2 га, впроваджені у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області на площі 10,0 га, Дніпропетровської області (15 га) та інших областей загальною площею 9,3 га із значним економічним ефектом, що підтверджується актами впровадження результатів науково-дослідних робіт у виробництво. Це дає можливість зменшити енергетичну залежність населення (сільських територій) за рахунок використання біомаси проса прутоподібного як сировини для біопалива.

Наукові результати експериментальних досліджень застосовані в навчальному процесі при підготовці здобувачів вищої освіти за освітньо-професійними програмами «Насінництво і насіннезнавство» та «Еколого-економічне рослинництво» спеціальності «Агрономія»; для слухачів курсів підвищення кваліфікації, керівників і фахівців агропромислового комплексу, під час проведення «Днів поля», семінарів та ін. Результати наукових досліджень увійшли до розділів трьох колективних монографій, виданих в Україні та чотирьох зарубіжних, науково-практичних рекомендацій з особливостей вирощування проса прутоподібного, розробки наукових методик, а також використовувались при виданні довідників, словника і навчальних посібників.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача. Автором здійснені інформаційний пошук, аналіз і оцінка даних літературних джерел, самостійно розроблено робочі гіпотези, програму досліджень, визначено мету і задачі досліджень, опрацьовано та обґрунтовано методологію, проведено польові й лабораторні дослідження, здійснені інтерпретація та узагальнення одержаних результатів, на основі чого сформульовано і викладено основні положення, висновки дисертаційної роботи та рекомендації виробництву.

Автором опубліковано фахові публікації, друковані праці, наукові звіти, забезпечено впровадження і науковий супровід результатів досліджень у виробництво. У сумісних патентах на корисні моделі та наукові твори авторство складає 60–70 %. У спільних публікаціях частка авторства здобувача становить 30–90 %, монографіях та виданнях – 40–60 %.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень щорічно доповідались та обговорювались на наукових семінарах, круглих столах, конференціях, а також пропагувались автором у засобах масової інформації, численних вебінарах, лекціях, на курсах підвищення кваліфікації керівників та фахівців агропромислового комплексу.

Матеріали дисертації апробовані та обговорені на 58 наукових конференціях різного рівня: міжнародних (Україна, Польща, Білорусія, Росія, Німеччина, Нідерланди), всеукраїнських (м. Київ, м. Дніпро, м. Переяслав-Хмельницький, м. Біла церква, м. Тернопіль, м. Ніжин, м. Одеса, м. Полтава, м. Умань, м. Вінниця, м. Харків, м. Запоріжжя, м. Херсон) та закладів вищої освіти.

**Публікації.** Матеріали досліджень, що викладені в дисертації, опубліковано в 130 наукових працях: 7 – у колективних монографіях, в т.ч. 4 – за кордоном, з них – три мовами ЄС; 29 – у статтях наукових видань, в т.ч. – 19 статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, 5 – у виданнях, що входять в наукометричні бази, 5 – у виданнях інших держав; 6 – у періодичних виданнях; 58 – в тезах доповідей і матеріалів наукових конференцій; 2 – в навчальних посібниках; 5 – в довідниках, словниках та альбомі; 12 – в науково-практичних рекомендаціях виробництву; 5 – в наукових методиках; 4 – в патентах на корисну модель, 2 – в свідоцтвах авторського права на науковий твір.

**Обсяг та структура роботи.** Дисертація у вигляді рукопису викладена на 297 сторінках основного тексту, містить анотацію, вступ, 7 розділів, висновки і рекомендації виробництву, 65 таблиць експериментального матеріалу, 83 рисунки, список використаної літератури, що включає 476 джерел, з них 298 латиницею. У додатках розміщено таблиці й малюнки, які не ввійшли в основний текст дисертації та матеріали, що підтверджують впровадження результатів наукових досліджень у виробництво та навчальний процес.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ (огляд літератури)**

В огляді літератури проаналізовано енергетичний потенціал агробіомаси та фітомаси енергетичних культур в Україні, подано морфо-біологічні особливості проса прутоподібного, зроблено аналіз існуючих елементів технологій вирощування культури, подаються їх переваги та недоліки, наводяться особливості формування врожайності проса прутоподібного за елементами структури врожаю, сортовим складом та умовами вирощування. Обґрунтовується необхідність біологізації технологій вирощування енергетичних культур (в т.ч. і проса прутоподібного), що забезпечить: зменшення екологічного навантаження на навколишнє природне середовище, формування оптимальної структури фітоценозів, високі показники економічної ефективності та отримання сталої врожайності культури. Рослинна біомаса проса прутоподібного може бути використана для виробництва біопалива як сировини для енергоконверсії (перетворення) в електрику і тепло.

### **УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

Основні дослідження проводились протягом 2008-2017 років в умовах Полтавської державної аграрної академії МОН, окремі – із вивчення сортового складу проса прутоподібного – на дослідних полях Веселоподільської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН та на виробничих посівах сільськогосподарських підприємств Лісостепової зони України.

**Ґрунтово-кліматичні умови місць проведення досліджень.** Досліди Полтавської ДАА закладались на сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах.

Агротехнічні властивості ґрунтового покриву маргінальних земель характеризуються такими показниками: вміст гумусу за Тюрінім в орному шарі невисокий (2,07 %), що свідчить про низьку природну родючість цих ґрунтів. Реакція ґрунтового розчину – лужна, рН сольової витяжки 7,9–9,5, забезпеченість легкогідролізованим азотом становить 44,8; фосфору – 65,0 і калію – 113,0 мг на кг ґрунту. Гранулометричний склад ґрунту – важкосуглинковий.

Ґрунт дослідних ділянок на Веселоподільській ДСС – чорнозем типовий слабкосолонцюватий малогумусний середньосуглинковий, який характеризується наступними агрохімічними показниками орного шару: рН сольової витяжки – 7,2–7,7; ємність поглинання коливається в межах 37–39 мг-екв. на 100 г ґрунту; гумус за Тюрінім – 4,5–4,7 %, забезпеченість легкогідролізованим азотом становить 18,0–25,0 мг/кг ґрунту, рухомим фосфором і обмінним калієм 120,0–150,0 і 23,0–30,0 мг/кг ґрунту відповідно.

Клімат зони Лісостепу України помірно теплий з середньою багаторічною температурою повітря 7,4 °С. Майже в усі роки досліджень, в окремі періоди, середньомісячна температура перевищувала середній багаторічний показник, кількість опадів протягом вегетаційного періоду проса прутноподібного була нерівномірною. Проте в цілому не спостерігалось екстремальних умов, які б істотно вплинули на зниження продуктивності досліджуваної культури.

Місця проведення дослідження характеризуються помірно-континентальним кліматом з теплим літом і м'якою зимою та недостатнім зволоженням. В окремі посушливі роки високу температуру повітря (вище 25 °С) без ефективних опадів у період травень–серпень спостерігали протягом тривалого часу. Середня багаторічна сума опадів за рік становить 450–520 мм із значними коливаннями показників у січні – від 25–40 мм та липні 60–110 мм. За вегетаційний період (квітень – жовтень) випадає близько 326–340 мм опадів. Це дає можливість вважати, що агробіологічні особливості проса прутноподібного відповідають умовам місця вирощування, а польові дослідження проведено в типових для зони ґрунтово-кліматичних умовах.

**Матеріали та схеми досліджень.** Вивчення об'єкту дослідження проводились за схемою двофакторних та трифакторних багаторічних дослідів. Облікова площа ділянки становила 50 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова, що відповідає вимогам проведення дослідів із польовими культурами. Розміщення ділянок у досліді було за системного або рендомізованого чергування варіантів у повтореннях. Польові досліді закладались і виконувались згідно з вимогами методики дослідної справи.

**Дослід 1.** Визначити морфо-біологічні особливості та виявити закономірності формування врожайності сортів проса прутноподібного залежно від сорту, умов вирощування та строку збирання.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2008–2016 рр.); фактор Б – сорти проса прутноподібного (Канлов, Аламо, Кейв-ін-рок, Форесбург, Картадж, Шелтер, Дакота, Небраска, Санберст); варіанти: варіант 1 – осінній збір урожаю, варіант 2 – весняний збір урожаю.



**Дослід 2.** Формування врожайності біомаси та насіння проса прутоподібного залежно від ґрунтово-кліматичних умов.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2010-2016 рр.); фактор Б – варіант 1 – Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція (західна частина Лісостепу), варіант 2 – Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція (східна частина Лісостепу).

**Дослід 3.** Вплив агротехнічних заходів вирощування на елементи структури врожаю та врожайність насіння 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 – підживлення: варіант 1 – без підживлення (контроль), варіант 2 – підживлення N<sub>60</sub>.

**Дослід 4.** Залежність урожайності біомаси проса прутоподібного від виду посіву, структури фітоценозу, вмісту органічної речовини та важких металів у ґрунті.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2010-2017 рр.); фактор Б – способи та умови вирощування проса прутоподібного.

**Дослід 5.** Обґрунтувати комплекс основних агротехнічних заходів, які забезпечують реалізацію потенціалу врожайності проса прутоподібного.

*Перелік досліджуваних чинників:* Фактор А (звичайний обробіток ґрунту – весняна оранка на глибину 28–30 см + вирівнювання поверхні поля):

варіант 1 – одна весняна культивуація на 8–6 см + передпосівна культивуація на 2–3 см;

варіант 2 – дві весняні культивуації 12–14 см і 8–6 см відповідно + передпосівна культивуація на 2–3 см;

варіант 3 – дві весняні культивуації на 12–14 см і 8–6 см відповідно + передпосівна культивуація на 2–3 см + коткування посіву до- і після сівби.

Фактор Б (напівпаровий обробіток ґрунту по типу напівпару – зяблева оранка на глибину 28–30 см + осінні культивуації в міру проростання бур'янів):

варіант 1 – одна весняна культивуація на 8–6 см + передпосівна культивуація на 2–3 см;

варіант 2 – дві весняні культивуації 12–14 см і 8–6 см відповідно + передпосівна культивуація на 2–3 см;

варіант 3 – дві весняні культивуації на 12–14 см і 8–6 см відповідно + передпосівна культивуація на 2–3 см + коткування посіву до- і після сівби.

**Дослід 6.** Встановити вплив строків сівби і норми висіву насіння на врожайність проса прутоподібного.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2012–2016 рр.); фактор Б – строки сівби: варіант 1 – ранній (сівба в першій декаді квітня), варіант 2 – середній (сівба в другій декаді квітня), варіант 3 – пізній (сівба в першій декаді травня), варіант 4 – літній (сівба в першій декаді червня);

фактор В – норми висіву насіння: варіант 1 – 150 шт./м<sup>2</sup>, варіант 2 – 200 шт./м<sup>2</sup>, варіант 3 – 250 шт./м<sup>2</sup>, варіант 4 – 300 шт./м<sup>2</sup>, варіант 5 – 450 шт./м<sup>2</sup>.

**Дослід 7.** Встановити вплив 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 – 15 см, варіант 2 – 30 см, варіант 3 – 45 см, варіант 4 – 60 см; фактор В – дози азотного підживлення рослин навесні: N<sub>0</sub> (контроль), N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub>, N<sub>45</sub> та N<sub>60</sub>.

**Дослід 8.** Визначити вплив способу вирощування та підживлення посівів на врожайність за сухою біомасою проса прутоподібного.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2010–2016 рр.); фактор Б – спосіб вирощування: варіант 1 – одновидовий посів проса прутоподібного, варіант 2 – сумісний посів проса прутоподібного, варіант 3 – змішаний посів проса прутоподібного; фактор В – азотні підживлення рослин навесні: варіант 1 – N<sub>0</sub> (контроль), варіант 2 – N<sub>15</sub>, варіант 3 – N<sub>30</sub>, варіант 4 – N<sub>45</sub>, варіант 5 – N<sub>60</sub>.

**Дослід 9.** ФітореMediaційні особливості проса прутоподібного за вирощування на забруднених ґрунтах (2010–2016 рр.).

**Дослід 10.** Урожайність, економічна та енергетична ефективність виробництва біомаси проса прутоподібного залежно від технології вирощування.

*Перелік досліджуваних чинників:* фактор А – роки дослідження (2015–2017 рр.); фактор Б – варіант 1 – звичайна технологія вирощування, варіант 2 – оптимізована технологія вирощування.

**Методики досліджень.** Супутні обліки та аналізування проводили за загальноприйнятими методиками:

- планування, закладка та проведення експериментів – за методикою наукових досліджень в агрономії;

- визначення агрохімічних показників ґрунту: вміст гумусу в орному шарі ґрунту – за Тюрінім згідно з ДСТУ 4289-2004; рухомий фосфор і калій в ґрунті – за Чіріковим згідно з ДСТУ 4405:2005; азот, що легко гідролізується, – за Корнфілдом згідно з ДСТУ 4729:2007; рН сольове – потенціометричним методом;

- польову схожість насіння визначали на 14-й день після появи сходів за шкалою коефіцієнта проростання (0-6): 0 – сходи відсутні; 1 – видимі декілька рослин; 2 – явно виражений один ряд; 3 – явно виражені декілька рядів, є декілька пробілів, можливо необхідний пересів; 4 – ряди чисті, можливі декілька пробілів, пересів не потрібний; 5 – хороша схожість, нема пробілів; 6 – відмінне стояння;

- масу 1000 насінин визначали згідно з ДСТУ 4232-2003, посівні якості насіння визначали згідно з ДСТУ 4328-2004 та ДСТУ 4138-2002;

- фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проса прутоподібного протягом вегетаційного періоду проводили згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур та іншими методиками;

- густоту стеблостою, після відновлення весняної вегетації та перед збиранням урожаю визначали шляхом підрахунку кількості рослин на 1 метр погонний рядка (або 1 м<sup>2</sup>) в чотирьох місцях по діагоналі ділянки з наступним перерахунком на 1 га згідно з методикою (Kulyk M., W. Elbersen, 2012);

- облік урожайності фітомаси проса прутоподібного проводили шляхом поділянкового зважування снопових зразків надземної вегетативної маси з наступним перерахунком її на суху масу відповідно до показників вологості сировини;

- вміст сухої речовини рослинної сировини визначали шляхом висушування зразка до абсолютно сухої маси в сушильній шафі СЕШ-3М при температурі 100–105 °С, з подальшим охолодженням, зважуванням проб і відповідним перерахунком;

- статистичну обробку результатів досліджень виконували за допомогою дисперсійного, кореляційного та регресійного методів з використанням ліцензійної прикладної комп'ютерної програми Statistica–6.0.

- економічну оцінку ефективності досліджуваних факторів проводили за методикою визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій;

- енергетичну ефективність виробництва біомаси проса прутоподібного оцінювали за методичними вказівками О. К. Медведовського і П. І. Іваненка.

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ТА СТРОКУ ЗБИРАННЯ**

*Особливості формування врожайності сортів проса прутоподібного на окультурених ґрунтах та маргінальних землях.* За вивчення сортів проса прутоподібного, що вирощувалися на окультурених та маргінальних землях визначено, що за тривалістю вегетаційного періоду їх можна розподілити на ранньо-, середньо- та пізньостиглі. Встановлено, що незалежно від умов вирощування усі сорти здатні переносити несприятливі умови зими, володіють морозостійкістю, здатні забезпечувати потужний стеблостій та формувати певний рівень урожайності за сухою біомасою.

Поряд з цим визначено, що рівень урожайності сортів проса прутоподібного залежить від кількісних показників рослин. Ранньостиглі сорти проса прутоподібного забезпечують урожайність вегетативної надземної маси за рахунок висоти рослин, у інших – середньо- і пізньостиглих цей показник обумовлюється кількістю стебел на одиницю площі, а окремі з них продуктивність формують з урахуванням обох цих показників. Окрім цього, на рівень урожайності культури, незалежно від сортового складу суттєвий вплив мають ґрунтові умови: на більш родючих ґрунтах, порівняно з менш родючими, врожайність біомаси сортів проса прутоподібного буде вищою.

*Результати на окультурених ґрунтах.* У середньому за роки дослідження найбільшу врожайність сухої маси на окультурених ґрунтах формували сорти проса прутоподібного: Форесбург, Кейв-ін-Рок і Картадж – більше 15,0 т/га, суттєво меншу врожайність забезпечили сорти Аламо, Небраска та Санберст, середня врожайність яких за сортами становила 13,8; 13,4 і 13,2 т/га відповідно.

У сортів ранньостиглої групи (Дакота, Санберст і Небраска) врожайність біомаси за роки дослідження варіювала у межах від 5,7 до 12,1 т/га, у

середньостиглих сортів (Форесбург і Кейв-ін-рок) – від 9,2 до 16,1 т/га, а у пізньостиглого (Картадж) – від 9,3 до 15,7 т/га, та дуже пізніх (Канлов і Аламо) – від 6,2 до 14,6 т/га.

На врожайність біомаси досліджуваних сортів проса прутоподібного мають вплив як сортові властивості, так і кількість води, що накопичує рослина протягом вегетації, вміст якої була вищою у сортів пізньостиглої групи, порівняно із ранніми та пізньостиглими.

Витрати води на формування 1 т сухої речовини врожаю різних сортів проса прутоподібного різнилися, що і обумовило вміст її у біомасі. Так, сорти Дакота та Небраска містили найменшу кількість води в одиниці продукції 23,6 і 23,2 % відповідно, а дуже пізні сорти Канлов і Аламо найбільше – 37,9 і 31,9 % відповідно, цей показник в інших сортів знаходився в межах – від 27,8 до 30,1 % (рис. 1).

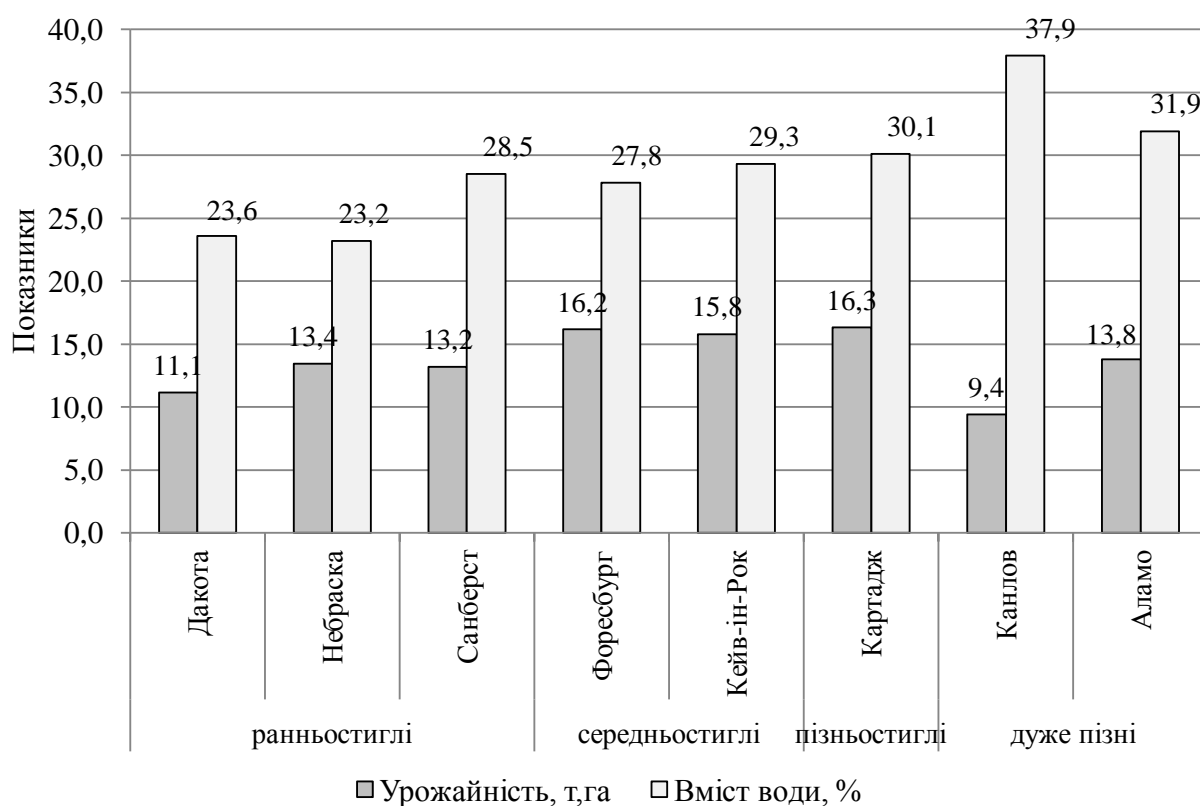


Рис. 1. Урожайність сортів проса прутоподібного і вміст води в біомасі на окультурених ґрунтах, середнє за 2010–2015 рр.

За результатами досліджень на маргінальних землях було встановлено, що за роки дослідження врожайність сортів проса прутоподібного була найменшою у сортів ранньостиглої групи, та суттєво більшою у середньо- та пізньостиглих сортів.

У загальному найбільшу врожайність біомаси зафіксовано у середньостиглого сорту Кейв-ін-рок (від 11,6 до 14,5 т/га). Сорт Санберст забезпечив найбільший приріст врожаю – 6,4 т/га при збільшенні врожайності від 5,4 до 11,8 т/га, а у сорту Небраска відмічено меншу врожайність (від 4,2 до 10,2 т/га) з прибавкою врожаю 6,0 т/га.

3-поміж пізньостиглих сортів проса прутоподібного найбільшу прибавку врожайності за роки забезпечив сорт Картадж (+2,6 т/га) на противагу сорту Шелтер, прибавка врожаю якого за становила 0,8 т/га.

За вирощування проса прутоподібного на маргінальних землях у середньому за роки дослідження найбільшу врожайність забезпечив сорт Кейв-ін-рок (13,1 т/га) при вмісті вологи у біомасі 32,2 % та Картадж (12,6 т/га) за вмісту вологи у біомасі – 35,0 %. Суттєво менший рівень урожайності сформували сорти Форесбург (11,2 т/га) і Шелтер (11,8 т/га), за вмісту вологи у біомасі – 35,0 та 33,9 % відповідно.

У сортів Самберст і Небраска зафіксовано найменший вміст вологи у біомасі (відповідно 31,9; 30,4 %) за одночасно низької врожайності біомаси на рівні 9,8 і 8,4 т/га відповідно (рис. 2).

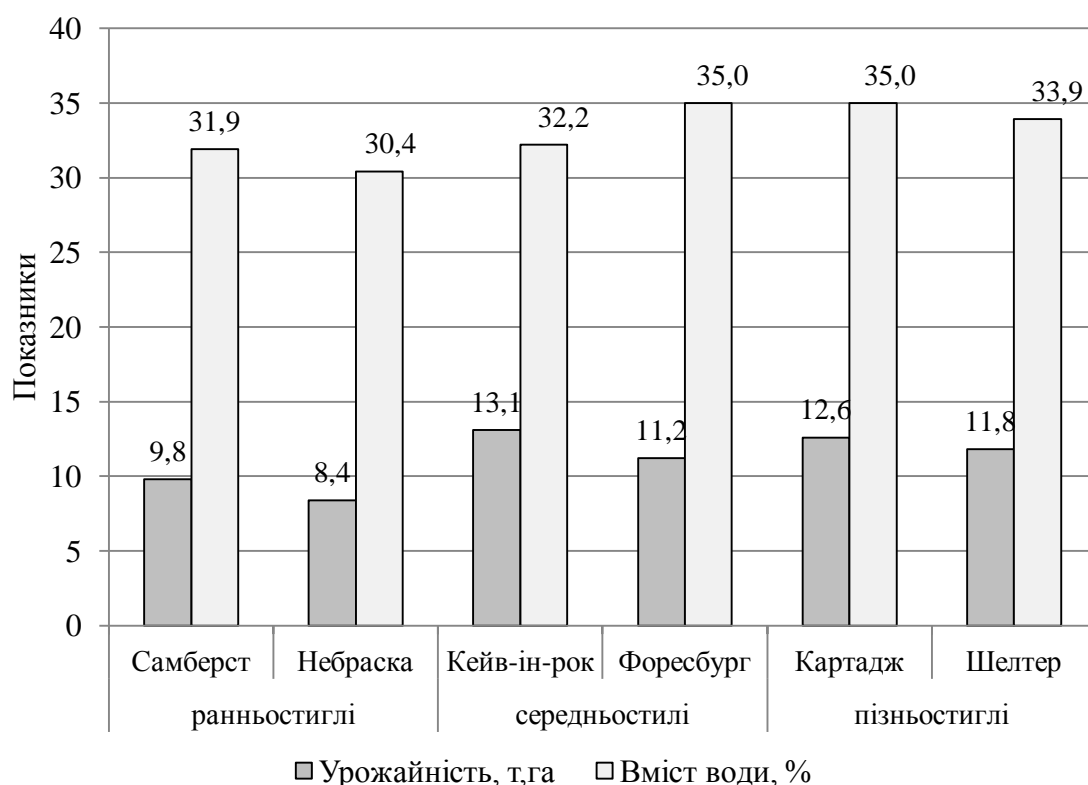


Рис. 2. Урожайність сортів проса прутоподібного і вміст води в біомасі на маргінальних землях, середнє за 2010–2015 рр.

Значення вмісту вологи в біомасі різних сортів проса прутоподібного на час закінчення вегетації різнилися і залежали від строку досягання: встановлена закономірність – ранньостиглі сорти споживають більшу кількість води за вегетацію та містять у біомасі менший вміст вологи порівняно із середньо- і пізньостиглими.

**Вплив строків збирання на вихід сухої маси та врожайність проса прутоподібного.** Встановлено, що строки збирання врожаю сортів проса прутоподібного мають вплив на вміст сухої речовини в біомасі. Вміст сухої речовини в біомасі, зібраної весною, на противагу осінніми облікам істотно більший на маргінальних землях, порівняно із окультуреними ґрунтами: в

ранніх сортів – на 2,7–6,5 %, обернена тенденція відмічена у середньостиглих сортів – менше на 0,3–2,6 %, та в пізніх – на 4,6–5,3 %. Найбільша різниця у вмісті сухої речовини за весняних та осінніх обліків урожаю спостерігалась у ранніх та пізньостиглих сортів проса прутоподібного незалежно від умов вирощування.

Визначено, що сорти проса прутоподібного на окультурених ґрунтах формують більшу врожайність, порівняно із маргінальними землями за осіннього збору урожаю на 3,4 т/га (ранні сорти), на 2,8–5,0 т/га (середньостиглі сорти), та на 3,8–5,1 т/га (пізньостиглі сорти). На маргінальних землях збільшення врожайності проса прутоподібного осіннього збору відмічено за групами сортів: у ранньостиглих – на 3,2 т/га, у середньостиглих – на 1,9–4,1 т/га, у пізньостиглих – на 2,5–4,3 т/га.

Ранньостиглі сорти проса прутоподібного формують вміст сухої речовини на рівні 71,7–76,8 % на окультурених ґрунтах, та на рівні 64,7–68,2 % – на маргінальних землях за осіннього обліку. За весняного збору урожаю вміст сухої речовини весняного обліку збільшується до 83,4–86,5 % на окультурених ґрунтах, та до 80,0–85,5 % – на маргінальних землях, за одночасного суттєвого зниження врожайності за сухою біомасою у ранніх сортів.

Визначено, що у групі середньостиглих сортів проса прутоподібного біомаса сформована на окультурених ґрунтах, за весняного збору має вміст сухої речовини на 9,0–11,0 % більше (за середнього значення 81,7–85,8 %) на противагу осіннім облікам – 70,7–76,8 %. На маргінальних землях у цієї групи сортів відмічено збільшення вмісту сухої речовини в біомасі на 16,4–19,3 %, порівняно із осіннім збором урожаю.

Вміст сухої речовини в біомасі у пізньостиглих сортів проса прутоподібного на окультурених ґрунтах зібраної весною більший на 11,7–19,2 % і змінюється у межах – від 81,3 до 83,7 %, порівняно з осінніми обліками (від 62,2 до 70,0 %), та на 20,9–21,3 % за варіювання показника – від 86,3 до 87,0 % (весняний облік), від 65,0 до 66,1 % (осінній облік) – на маргінальних землях.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО НА БІОМАСУ ТА НАСІННЯ**

*Формування врожайності проса прутоподібного залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування.* В умовах Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції (західна частина Лісостепу України) висота рослин проса прутоподібного змінювалась у межах – від 110,3 до 172,2 см, кількість стебел на м.п. – від 740,2 до 890,1 шт., кількість листків на стеблі – від 5,1 до 6,1 шт., довжина прапорцевого листка – від 37,5 до 47,0 см, а загальна кількість листків на 1 м.п. варіювала у межах – від 3,8 тис. до 5,4 тис. шт. Найбільші кількісні показники рослин були отримані на шостий-сьомий рік вегетації, порівняно з іншими роками вегетації.

Для умов Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції (східна частина Лісостепу України) характерним є зміна висоти стеблостою проса прутоподібного у межах – від 157,6 до 180,1 см, кількості стебел на м.п. – від

720,8 до 987,0 шт., кількості листків на стеблі – від 6,1 до 6,7 шт. за мінливості довжини прапорцевого листка – від 47,7 до 54,2 см. Найбільші кількісні показники рослин були отримані на четвертий, шостий і сьомий рік вегетації за зменшеного значення у п'ятому році, порівняно з іншими роками вегетації (табл. 1), що відобразилось на рівні врожайності культури (рис. 3).

Таблиця 1

Біометричні показники рослин проса прутоподібного за вирощування у різних умовах, 2012–2016 рр.

Умови вирощування* (фактор А)	Рік вегетації (фактор Б)	Висота рослин, см	Кількість			Довжина прапорц. листка, см
			стебел, шт./м.п.	листоків на стеблі, шт.	листоків, тис. шт./м.п.	
ЛДЛП	2012	110,3	740,2	5,1	3,8	37,5
	2013	138,6	771,9	5,5	4,2	43,0
	2014	140,4	880,1	5,4	4,8	45,4
	2015	165,0	885,5	6,0	5,3	46,1
	2016	172,2	890,1	6,1	5,4	47,0
Середнє по досліді		145,3	833,6	5,6	4,7	43,8
ДДЛП	2012	157,6	720,8	6,1	4,4	47,7
	2013	159,4	987,0	6,2	6,1	54,2
	2014	176,3	910,3	6,5	5,9	50,9
	2015	172,8	892,7	6,4	5,7	50,8
	2016	180,1	918,5	6,7	6,2	51,2
Середнє по досліді		169,2	885,9	6,4	5,7	51,0
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		12,7	19,4	0,5	0,4	7,1
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		1,8	26,7	0,1	0,3	0,5
НІР <sub>05</sub> (фактор АБ)		5,4	14,5	0,2	0,2	0,8

\*Примітка: ЛДЛП – Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція; ДДЛП – Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція.

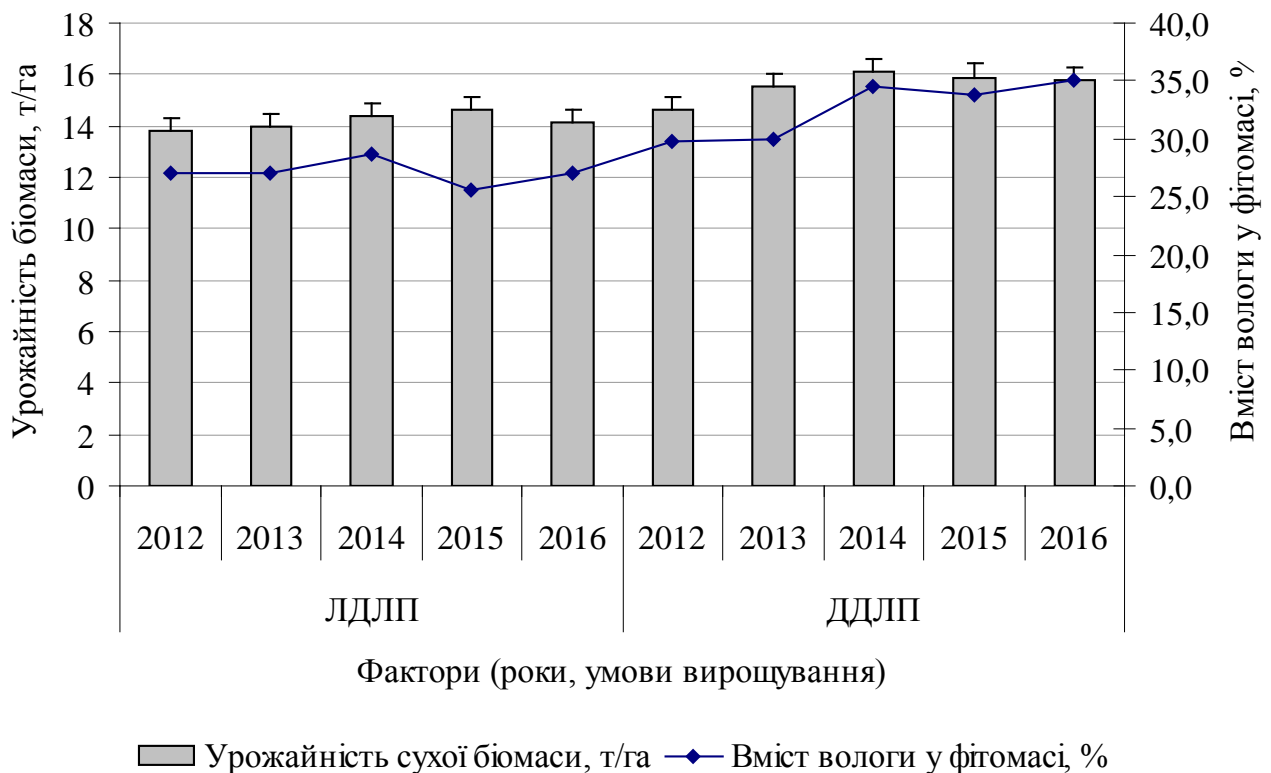
В умовах Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції (західна частина Лісостепу України) висота рослин проса прутоподібного змінювалась у межах – від 110,3 до 172,2 см, кількість стебел на м.п. – від 740,2 до 890,1 шт., кількість листків на стеблі – від 5,1 до 6,1 шт., довжина прапорцевого листка – від 37,5 до 47,0 см, а загальна кількість листків на 1 м.п. варіювала у межах – від 3,8 тис. до 5,4 тис. шт. Найбільші кількісні показники рослин були отримані на шостий-сьомий рік вегетації, порівняно з іншими роками вегетації.

Для умов Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції (східна частина Лісостепу України) характерним є зміна висоти стеблостою проса прутоподібного у межах – від 157,6 до 180,1 см, кількості стебел на м.п. – від 720,8 до 987,0 шт., кількості листків на стеблі – від 6,1 до 6,7 шт. за мінливості довжини прапорцевого листка – від 47,7 до 54,2 см. Найбільші кількісні показники рослин були отримані на четвертий, шостий і сьомий рік вегетації за

зменшеного значення у п'ятому році, порівняно з іншими роками вегетації.

Порівнюючи отримані результати за роки дослідження можна стверджувати, що суттєво більші кількісні показники рослин проса прутоподібного отримано за вирощування культури в умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції України, порівняно із Лівобережно-Дніпровською.

За вирощування проса прутоподібного у Лівобережно-Дніпровській лісостеповій провінції врожайність сухої біомаси варіювала у межах – від 13,8 до 14,6 т/га, а в умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції – від 14,6 до 16,1 т/га (рис. 3).



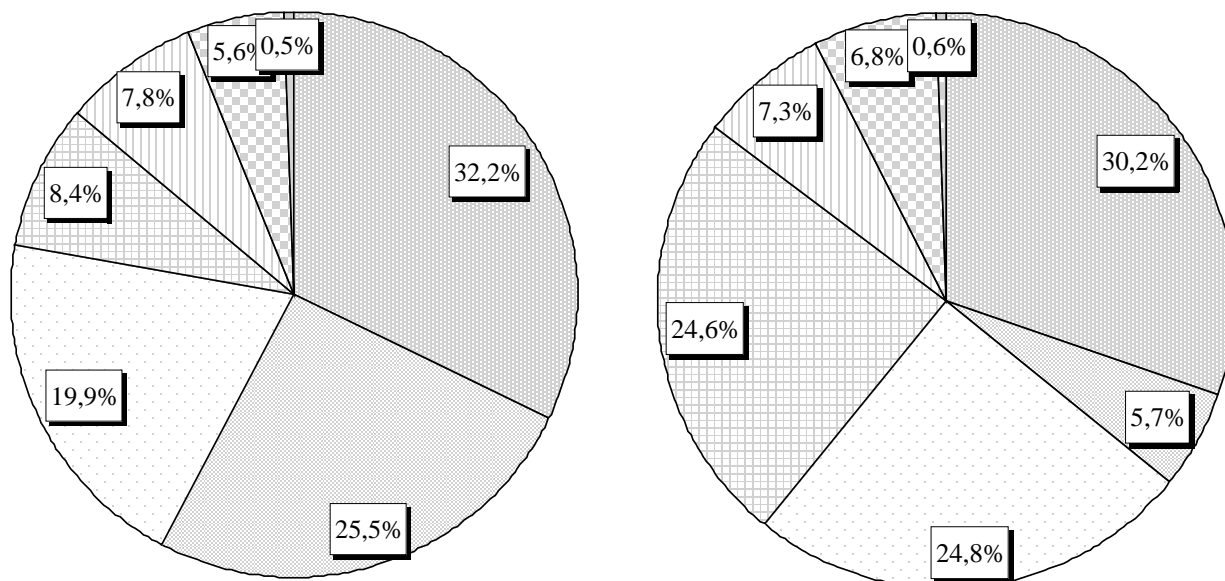
Примітка: ЛДЛП – Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція;  
 ДДЛП – Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція.

Рис. 3. Урожайність біомаси проса прутоподібного за вирощування в різних умовах, 2012–2016 рр.

В умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції найбільша врожайність сухої вегетативної надземної маси проса прутоподібного відмічена на четвертий рік вегетації – на рівні 16,1 т/га, що більше на 0,6 т/га порівняно із третім, та на 1,5 т/га – із другим роком вегетації.

Проведені порівняння за частками впливу свідчать, що за вирощування проса прутоподібного в східній частині Лісостепової зони його врожайність формується за рахунок висоти рослин (24,6 %) та довжини прапорцевого листка (24,8 %); а в умовах центральної частини – продуктивність обумовлюється в більшій мірі густотою фітоценозу (25,5 %) та довжиною прапорцевого листка (19,9 %), рис. 4.





Лівобережно-Дніпровська  
лісостепова провінція

Дністровсько-Дніпровська  
лісостепова провінція

Примітка:

- Вміст сухої речовини, %
- Довжина прапорцевого листка, см
- Загальна кількість листків, шт.
- Інші
- Кількість стебел, шт./м.п.
- Висота рослин, см
- Кількість листків на 1 рослині, шт.

Рис. 4. Частки впливу біометричних показників рослин на врожайність сухої біомаси проса прутоподібного залежно від умов вирощування, 2012–2016 рр.

В умовах Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції на чорноземі типовому потужному слабосолонцюватому, малогумусному, середньо-суглинковому найбільший потенціал урожайності надземної вегетативної маси, у середньому за роки дослідження, формує просо прутоподібне на рівні 14,2 т/га. За вирощування проса прутоподібного в умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції на сірому лісовому опідзоленому середньо-суглинковому слабокислому ґрунті найбільша врожайність у середньому за роки дослідження становить 15,6 т/га.

**Вплив умов вирощування на насінневу продуктивність та посівні якості насіння проса прутоподібного.** Проведення спостережень за погодними умовами показало, що значення тренду середньодобової температури повітря протягом травня-вересня мало тенденцію до підвищення даного показника протягом 2013–2014 вегетаційних років, та значне зниження у 2012 році. За показником ГТК (гідротермічного коефіцієнта) визначено, що умови 2012 і 2013 років характеризувалися як посушливі, а 2014 рік – більш зволожений за період вегетації фітоценозу проса прутоподібного.

Встановлено, що залежно від ґрунтових та погодних умов вегетаційного періоду проса прутоподібного кількісні показники генеративної частини рослин змінювалися у широкому діапазоні (табл. 2).

Кількісні показники генеративної частини рослин та крупність насіння проса прутоподібного, 2012–2014 рр.

Показники	Умови вирощування	Вегетаційний рік			Середнє за роки	Duncan test, $p_{0,05}$
		2012	2013	2014		
Довжина волоті, см	ЛДЛП	25,2	27,4	52,0	34,9	12,3
	ДДЛП	24,1	25,6	37,7	29,1	7,1
Кількість волотей, шт.	ЛДЛП	16,3	18,7	34,1	23,0	2,0
	ДДЛП	14,2	16,4	24,7	18,4	1,5
Маса насіння з однієї рослини, г	ЛДЛП	157,0	214,4	288,0	219,8	32,1
	ДДЛП	142,3	194,4	212,7	183,1	11,2
Маса 1000 насінин, г	ЛДЛП	1,5	1,6	1,8	1,7	0,06
	ДДЛП	1,0	1,2	1,5	1,2	0,04

*Примітка:* ЛДЛП – Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція; ДДЛП – Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція.

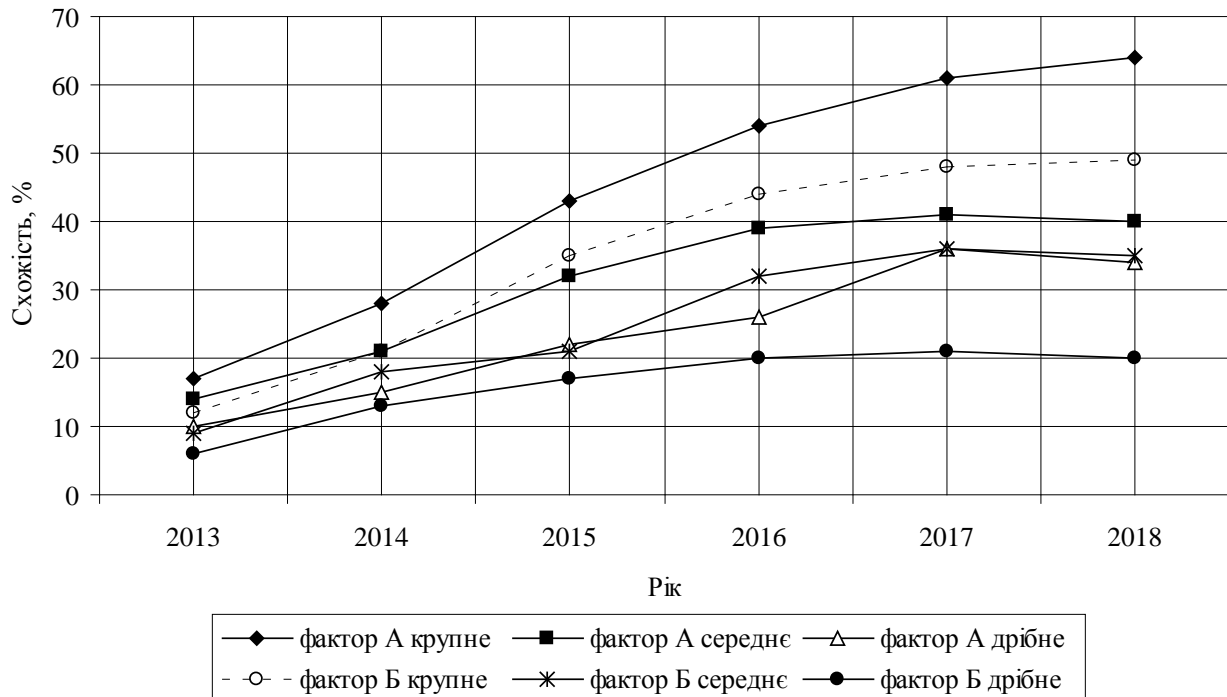
Структурний аналіз волоті дозволив виявити, що сумарна кількість насіння з гілочок різного порядку рослин проса прутоподібного, вирощених на ґрунтах з середнім вмістом гумусу, залежала від довжини волоті. Маса 1000 насінин у цих умовах змінювалася в межах – від 1,5 г до 1,8 г. Найбільша крупність насіння сформувалася в умовах у 2014 року (з ГТК близьким, або більше 1,0), значно менша – у 2012–2013 рр., які мали показники ГТК менше 1,0, що характеризує цей період як посушливий.

Встановлено, що за усі роки проведення експерименту найбільший вплив на продуктивність насіння проса прутоподібного на родючих ґрунтах має довжина волоті ( $r = 0,60 \dots 0,70$ ), в окремі роки (2014 р.), що мали більше вологозабезпечення рослин – кількість волотей на рослині ( $r = 0,41 \dots 0,34$ ) та висота рослин ( $r = 0,33 \dots 0,40$ ), в посушливі роки – середньою мірою впливала маса 1000 насінин ( $r = 0,30 \dots 0,31$ ). На збіднених на поживні речовини ґрунтах відмічено подібну тенденцію, але з посиленням впливу маси 1000 насінин на врожайність насіння проса прутоподібного ( $r = 0,60 \dots 0,71$ ).

Визначено, що насіннева продуктивність проса прутоподібного була найбільшою в роки з ГТК, близьким до помірного вологозабезпечення рослин, або з показником більше 1. Так, найбільшу врожайність насіння на ґрунтах з середнім вмістом гумусу рослини проса прутоподібного сформували у 2014 році, що пов'язано із морфологічними показниками волоті та погодними умовами, які склалися під час вегетації культури у цей період. Меншою урожайність насіння була у 2012–2013 роках, які характеризувалися посушливими умовами (відповідно за роками 0,47 та 0,64 т/га).

Аналогічна ситуація, але із нижчими показниками за урожайністю насіння зафіксована на ґрунтах з низьким вмістом гумусу: даний показник за варіантами варіював від 0,28 до 0,52 т/га з найбільшим значенням у роки з ГТК близьким до 1.

Після збору врожаю насіння та проведення калібрування насіння на три фракції (крупне, середнє, дрібне), його було закладено на довготривале зберігання. За вивчення післязбирального дозрівання насіння проса прутноподібного було встановлено вплив терміну зберігання на схожість насінневого матеріалу (рис. 5).



\*Примітка: 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.

Рис. 5. Лабораторна схожість насіння проса прутноподібного залежно від умов вирощування, терміну зберігання та крупності насінневого матеріалу, 2013–2018 рр.

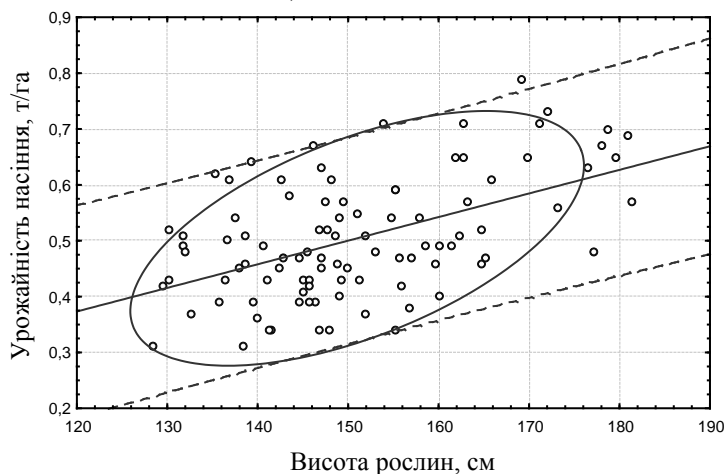
Протягом перших двох років зберігання відмічено динаміку збільшення лабораторної схожості насіння проса прутноподібного, та значне підвищення даного показника з третього року зберігання (більш крупне насіння), та менші показники схожості насіння, що характерно для дрібного насіння. Поряд з цим визначено, що насіння проса прутноподібного, вирощене на ґрунтах з низьким вмістом гумусу, має більш подовжений термін післязбирального дозрівання і нижчу схожість навіть при тривалому зберіганні, порівняно з тим, що вирощували на ґрунтах з середнім вмістом гумусу. Проміжне значення за даними показниками має середнє за крупністю насіння.

**Вплив агротехнічних заходів вирощування на елементи структури врожаю та врожайності насіння проса прутноподібного.** В умовах центральної частини Лісостепу залежно від ширини міжряддя та підживлення посівів дозою азоту  $N_{45}$  кількісні показники рослин проса прутноподібного варіювали у широких межах і мали значний вплив на врожайність насіння

За результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що

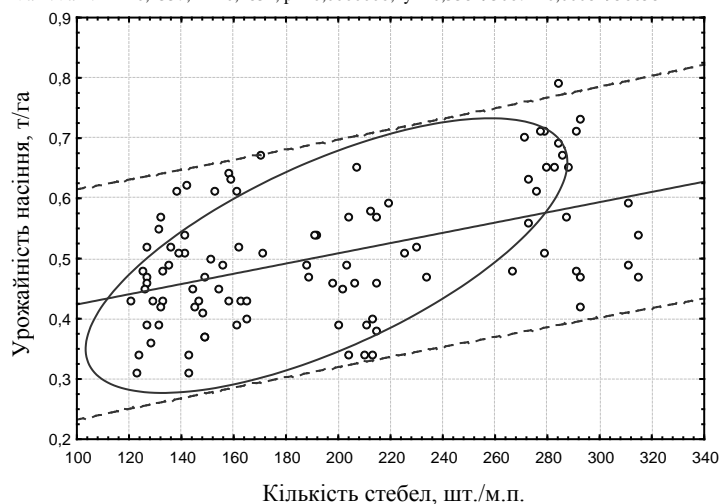
врожайність насіння проса прутоподібного на 26 % залежить від висоти рослин за коефіцієнта кореляції  $r$  0,51, та на 23 % – від кількості стебел за коефіцієнта кореляції  $r$  0,48 при 5 % рівні значущості (рис. 6).

Var1:Var2:  $r^2 = 0,2651$ ;  $r = 0,5149$ ,  $p = 0,00000008$ ;  $y = -0,133427499 + 0,00422544135 * x$



А

Var1:Var2:  $r^2 = 0,2337$ ;  $r = 0,4834$ ,  $p = 0,0000006$ ;  $y = 0,338493067 + 0,000849566582 * x$



Б

Рис. 6. Кореляційна залежність між висотою рослин (А), кількістю стебел (Б) та врожайністю насіння проса прутоподібного, 2014–2016 рр.

Найбільшу врожайність насіння забезпечило вирощування культури при ширині міжрядь 60 см (0,57–0,72 т/га), істотно меншу – як при більш ширших, так і вужчих міжряддях на варіантах із підживленням посівів. На варіантах без підживлення за усі роки дослідження формувалася значно нижча врожайність порівняно із внесенням азоту у підживленні дозою  $N_{45}$ .

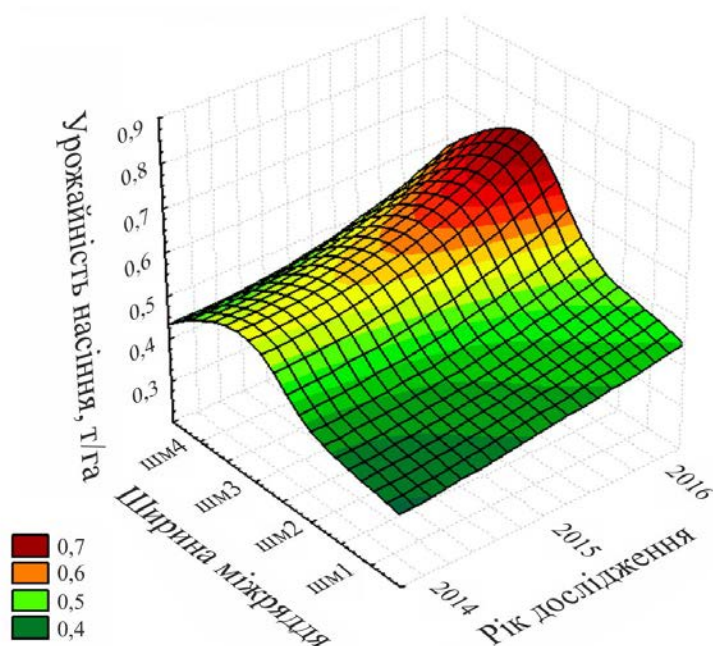
Залежно від ширини міжряддя та підживлення посівів розпочинаючи з третього року вегетації врожайність насіння проса прутоподібного за роки досліджень змінювалася у широких межах – від 0,36 до 0,72 т/га. При вирощуванні культури за ширини міжряддя 60 см на варіантах із підживленням посівів в умовах 2014 року врожайність насіння була на рівні 0,57 т/га, у 2015 році – 0,61 т/га, у 2016 році – 0,72 т/га, що істотно більше згідно  $HP_{05}$  порівняно із іншими варіантами досліджу (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність насіння (т/га) проса прутоподібного третього-п'ятого років вегетації, 2014–2016 рр.

Рік (фактор А)	Ширина міжряддя (фактор Б)	Підживлення (фактор В)	Урожайність насіння, т/га	
2014	30 см	без підживлення	0,36	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,41	
	45 см	без підживлення	0,38	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,44	
	60 см	без підживлення	0,50	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,57	
	75 см	без підживлення	0,47	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,51	
	2015	30 см	без підживлення	0,39
			підживлення N <sub>45</sub>	0,44
45 см		без підживлення	0,41	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,47	
60 см		без підживлення	0,55	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,61	
75 см		без підживлення	0,51	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,54	
2016		30 см	без підживлення	0,43
			підживлення N <sub>45</sub>	0,49
	45 см	без підживлення	0,47	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,52	
	60 см	без підживлення	0,67	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,72	
	75 см	без підживлення	0,59	
		підживлення N <sub>45</sub>	0,65	
	НІР <sub>05</sub> (фактор А)			0,05
	НІР <sub>05</sub> (фактор Б)			0,04
НІР <sub>05</sub> (фактор В)			0,05	
НІР <sub>05</sub> (фактор АВ)			0,07	
НІР <sub>05</sub> (фактор АВ)			0,08	
НІР <sub>05</sub> (фактор БВ)			0,03	
НІР <sub>05</sub> (фактор АБВ)			0,11	

Встановлено, що за усі роки дослідження значний вплив на врожайність насіння проса прутоподібного має застосування підживлення посівів за вирощування рослин при ширині міжряддя 60 см. Як збільшення, так і зменшення ширини міжряддя призводить до зниження врожаю насіння культури (рис. 7).



*Примітка:* шм 1 – ширина міжряддя 30 см, шм 2 – ширина міжряддя 45 см, шм 3 – ширина міжряддя 60 см, шм 4 – ширина міжряддя 75 см.

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

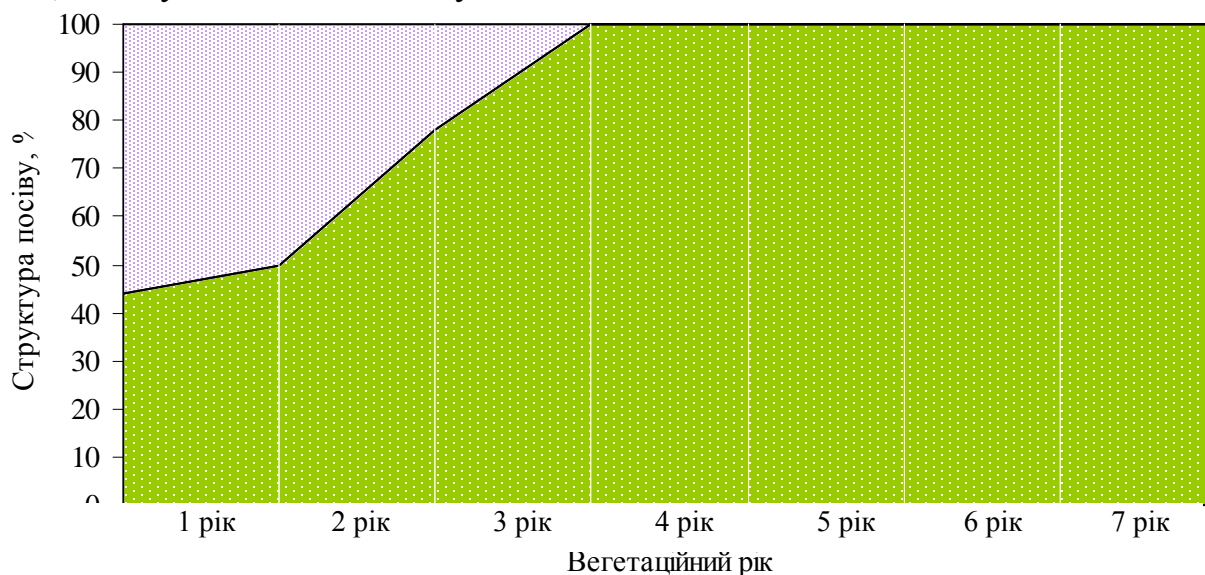
За встановлення зв'язку між погодними умовами вирощування вегетаційного періоду (середньодобова температура повітря та кількість опадів) та врожайністю насіння проса прутоподібного встановлено множинну залежність. Згідно з якою визначено, що найбільший вплив на формування насінневої продуктивності культури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

***Залежність врожайності біомаси проса прутоподібного від виду посіву, структури фітоценозу, вмісту органічної речовини в ґрунті.*** Результати проведеного експерименту показують, що в сумісних посівах з люпином жовтим відбувається витіснення бобового компоненту основною культурою (просом прутоподібним) на четвертий вегетаційний рік. Домінування злакової культури є наслідком конкуренції рослин за світло та поживні речовини порівняно із допоміжним компонентом – рослинами люпину.

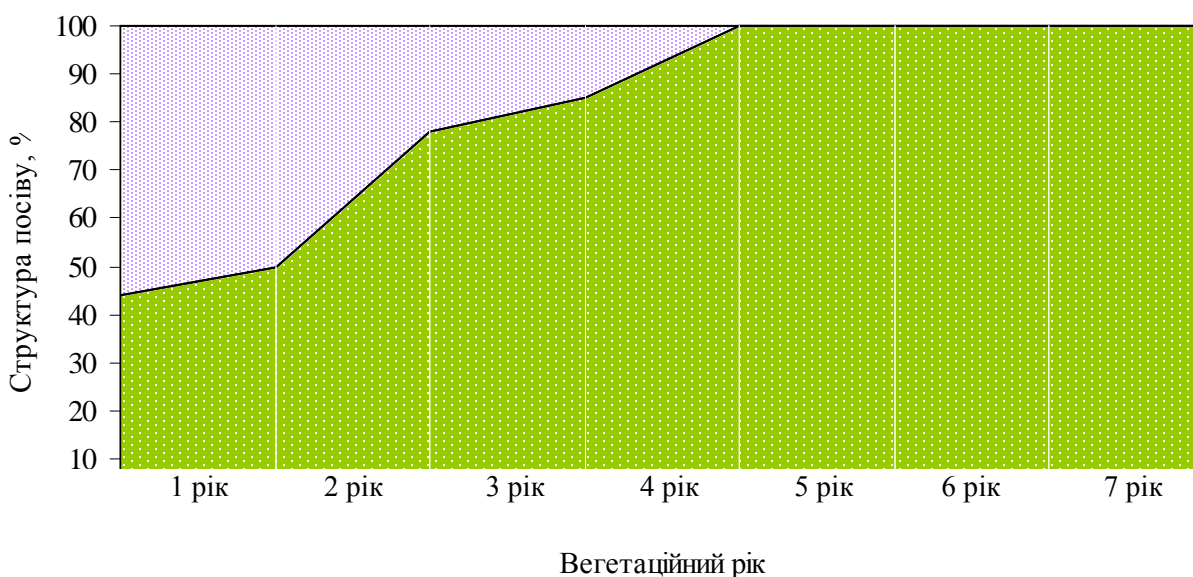
Рослини люпину у сумісних посівах характеризувалися прискореним ростом та розвитком надземної вегетативної маси на 6-12 % більше порівняно зі змішаними посівами.

У змішаному посіві тривалість життя люпину становила три роки, після чого рослини проса прутоподібного зайняли близько 100 % структури фітоценозу за компонентним складом (рис. 8). Це спричинюється як затіненням просом прутоподібним люпину за інтенсивного розростанням культури і закриття міжряддя, так і переходом бобової культури в більшій мірі на ґрунтове мінеральне живлення та зменшення фіксації атмосферного азоту.

Встановлено, що залежно від виду посіву та застосування азоту для весняного підживлення кількісні показники рослин проса прутоподібного – висота та густина стеблостою змінювались і варіювали у широких межах. Ця особливість проявилась розпочинаючи з третього-четвертого років вегетації, коли у фітоценозі зникав бобовий компонент внаслідок витіснення основним. Більшу кількість стебел та висоту формували рослини у сумісному і змішаному посіві, меншу – в одновидовому.



А



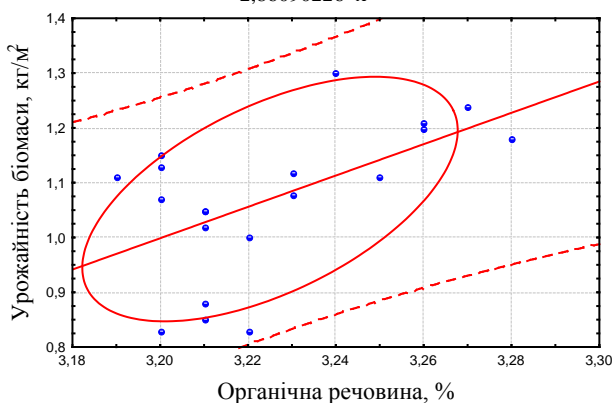
Б

Рис. 8. Структура енергетичної плантації при сумісному (А) та змішаному (Б) посівах проса прутоподібного з люпином, 2010–2016 рр.

Урожайність проса прутоподібного знаходиться у тісній залежності із

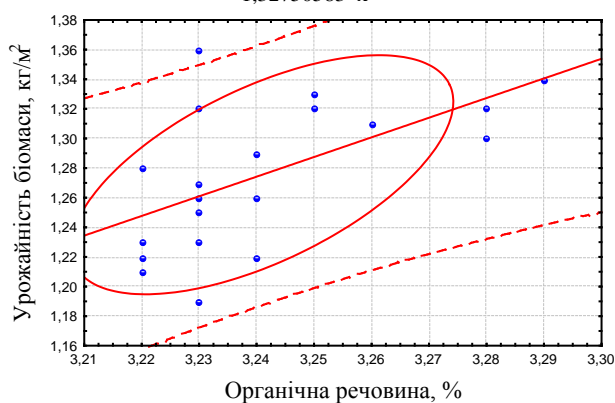
вмістом органічної речовини – визначено достовірний зв'язок між показниками продуктивності та вмістом органічної речовини у ґрунті (рис. 9).

$$\text{Var1:Var2: } r = 0,5545, p = 0,0112; y = -8,15590977 + 2,86090226 * x$$



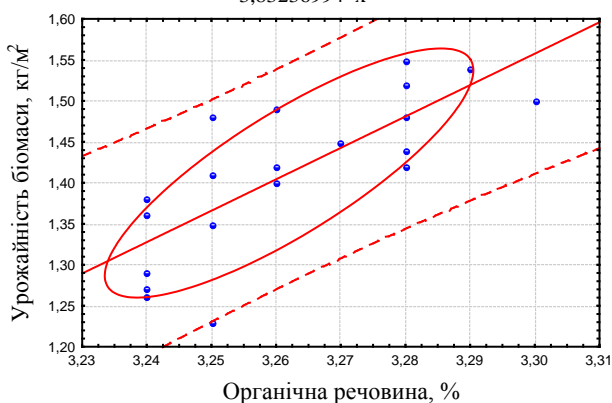
А

$$\text{Var1:Var2: } r = 0,5778, p = 0,0076; y = -3,02694639 + 1,32750583 * x$$

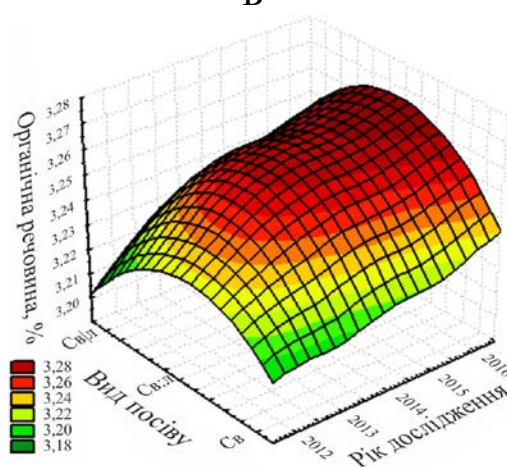


Б

$$\text{Var1:Var2: } r = 0,7698, p = 0,00007; y = -11,0891908 + 3,83236994 * x$$



В



АБВ

Рис. 9. Залежність між урожайністю проса прутіподібного і вмістом органічної речовини в ґрунтах одновидових посівів (А), сумісних посівів (Б) та змішаних посівів (В), 2012–2016 рр.

У змішаних посівах коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між вмістом органічної речовини в ґрунті і врожайністю біомаси становив 0,77, у сумісних посівах  $r = 0,58$ , в одновидових – на рівні  $r = 0,55$ .

Вміст органічної речовини у ґрунті під сумісним посівом проса прутіподібного був суттєво більшим за варіантами підживлення порівняно з одновидовими, завдяки створенню більш оптимальної структури посіву. Це сприяло поліпшенню поживного, водного та світлового режимів за оптимального використання земельної площі під посівами злаково-бобових культур. Змішані посіви мали меншу динаміку вмісту органічної речовини у ґрунті, порівняно з сумісними.

Відмічено чітке збільшення середнього значення вмісту органічної речовини у ґрунтах під сумісними посівами проса прутіподібного – від 3,17 до 3,29 %, суттєво менше збільшення даного показника у змішаних посівах – до 3,26 % і найменше у одновидових посівах – до 3,24 % (рис. 10). Це мало вплив на збільшення продуктивності біомаси проса прутіподібного: максимальна



врожайність культури спостерігалася у сумісних посівах –  $1,39 \text{ кг/м}^2$ , найменше середнє значення за цим показником мали одновидові посіви –  $1,24 \text{ кг/м}^2$ . Різниця між врожайністю проса прутоподібного у сумісних та змішаних посівах була незначною та становила  $0,04 \text{ кг/м}^2$ .

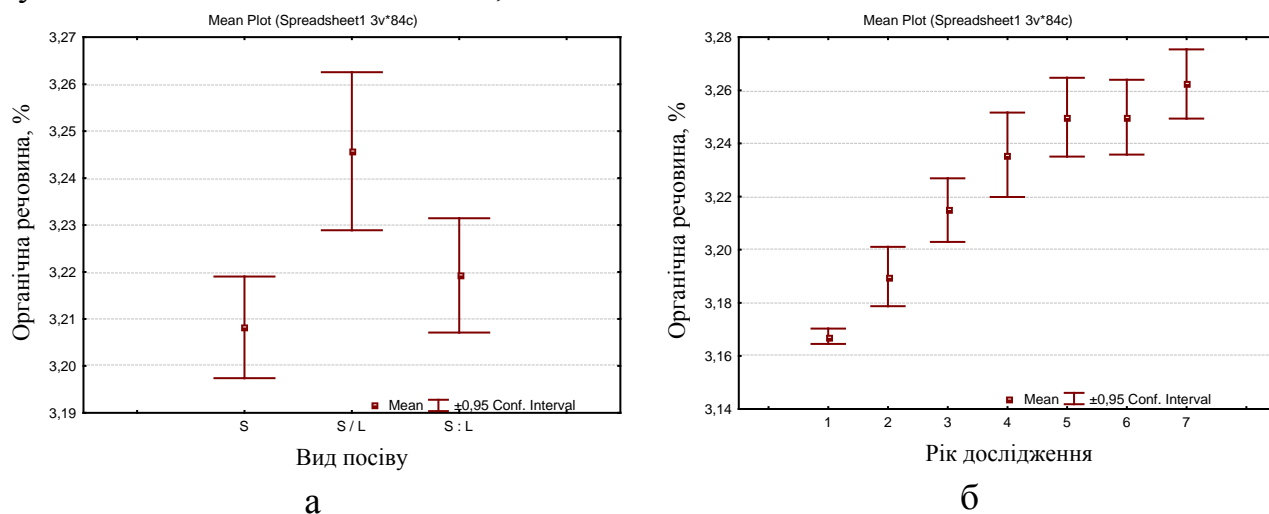


Рис. 10. Вплив виду посіву (а) та умов року (б) на вміст органічної речовини в ґрунті за вирощування проса прутоподібного, 2010–2016 рр.

Визначено, що збільшення врожайності фітомаси проса прутоподібного впливає на підвищення кількості органічного матеріалу, залишеного на поверхні ґрунту (листки, суцвіття), що в поєднанні із вологістю збільшує біогенність орного шару ґрунту. Найінтенсивніша біологічна активність ґрунту спостерігається на другий-третій рік вирощування проса прутоподібного у весняно-літній період, що передусім пов'язано із кількістю опадів та температурним режимом у цей період.

**Фіторемедіаційні властивості проса прутоподібного.** Енергетичні культури є представниками рослин для фіторемедіації, які мають найвищу здатність поглинати важкі метали. Просо прутоподібне активно поглинає важкі метали з ґрунту і частково акумулює їх у своїй підземній та надземній частині. Відмічено, що вміст важких металів (ВМ) у ґрунті не викликає сильних морфологічних змін у рослинах проса прутоподібного і не пригнічує процеси поглинання цих металів. За результатами агрохімічного аналізу ґрунту встановлено, що динаміка ВМ металів орного шару ґрунту під посівами проса прутоподібного за роками дослідження має тренд до зменшення.

Залежно від вмісту хімічних елементів у ґрунті розраховано коефіцієнти переходу (Кп) ВМ у вегетативну і генеративну фракції рослин проса прутоподібного (загальну фітомасу). Оскільки частка ВМ у фітомасі в межах одного вегетаційного періоду становить 5–20 % початкової кількості політантів, то в перші роки життя рослини акумулювали ВМ з ґрунту в незначній кількості, а Кп був низьким.

В середньому за роки досліджень найбільшим Кп характеризувався кадмій, у загальній фітомасі проса прутоподібного цей показник був на рівні 0,58–0,66. Найменший Кп мав кобальт 0,05–0,11, Кп міді був на рівні 0,53–0,55, для цинку Кп – 0,27–0,30, а для свинцю Кп становив 0,15–0,20.

Виявлено закономірності переходу важких металів у системі «грунт – рослина» при антропогенному забрудненні чорнозему типового малогумусного: ряд інтенсивності поглинання металів рослинами проса прутоподібного має вигляд  $Cd \rightarrow Cu \rightarrow Zn \rightarrow Pb \rightarrow Co$ . За швидкістю виведення рухомих форм поллютантів з орного шару ґрунту, за допомогою проса прутоподібного встановлено наступний ряд:  $Cu > Zn > Cd > Co > Pb$ .

### ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ НАДЗЕМНОЇ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

*Вплив способів основного та весняного обробітку ґрунту на формування врожайності проса прутоподібного.* На фоні напівпарового обробітку весняні культивації ґрунту, в подальшому – передпосівна культивація з сівбою проса прутоподібного в єдиному технологічному комплексі з коткуванням поверхні поля кільчато-зубчастими котками до- і після сівби, в порівнянні з варіантами де культивацію проводили один раз, або двічі (без коткування), в посушливих умовах весни сприяла кращому збереженню ґрунтової вологи у верхньому шарі ґрунту. Цей комплекс агрозаходів, порівняно з іншими варіантами дослідження, дозволив отримати більший рівень урожайності проса прутоподібного за сухою масою у середньому за роки дослідження – до 15,0 т/га, що на 2,4 т/га більше контрольних варіантів та на 1,0 т/га більше порівняно із звичайним обробітком ґрунту.

За визначення зв'язку між варіантами дослідження та врожайністю сухої біомаси проса прутоподібного встановлено, що розмах варіювання врожайності був у межах – від 8,2 до 15,5 т/га, за середнього значення – 13,1 т/га (рис. 11).

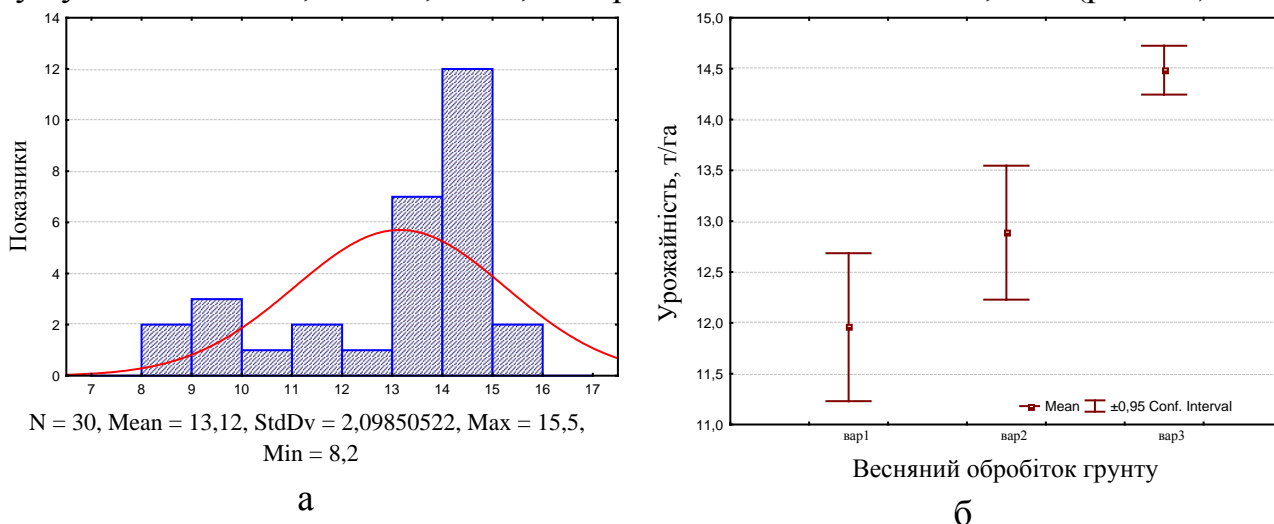


Рис. 11. Залежність між звичайним та напівпаровим обробітком ґрунту (а), весняним обробітком ґрунту (б) та врожайністю проса прутоподібного, середнє за 2012–2016 рр.

Найбільший вплив на збільшення врожайності проса прутоподібного, порівняно із звичайним осіннім обробітком ґрунту має вирощування культури за напівпарового основного обробітку ґрунту, дана тенденція відмічена за всіх варіантів дослідження (рис. 12).

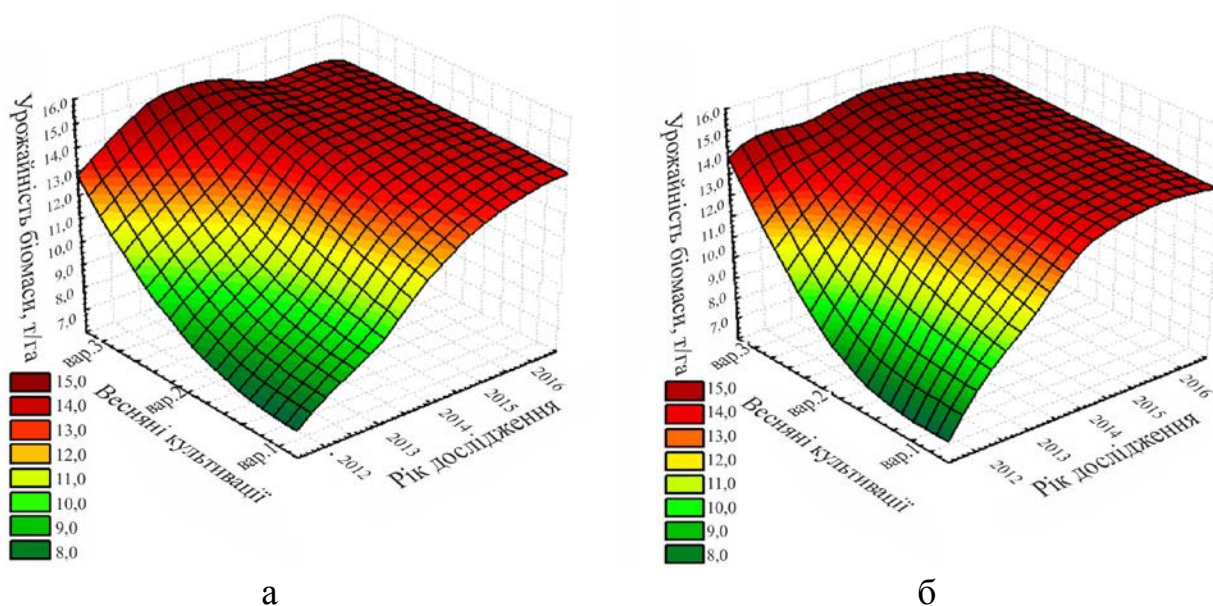


Рис. 12. Залежність між урожайністю проса прутоподібного та звичайним (а) і напівпаровим обробітком ґрунту (б), середнє за 2012–2016 рр.

Визначено, що збільшення кількості культивуацій до двох, застосування передпосівної культивуації, та коткування поля до- і після сівби за проведення весняних технологічних операцій призводить до підвищення врожайності біомаси проса прутоподібного на фоні звичайного та напівпарового основного обробітку ґрунту.

**Вплив строків сівби і норми висіву насіння на врожайність проса прутоподібного.** Строки сівби проса прутоподібного, поряд із визначеною оптимальною нормою висіву насіння є важливими чинниками регулювання висоти та густоти стеблостою проса прутоподібного. Адже кількість рослин на одиницю площі, з урахуванням саморегуляції фітоценозу, обумовлюють висоту стеблостою. Відмічена тенденція – із зменшенням площі живлення рослин зростає висота рослин, та навпаки. Густота стеблостою проса прутоподібного зростала при збільшенні норми висіву насіння за роки дослідження і була найбільшою на шостий-сьомий рік вегетації культури. Визначено, що при ранньому строкові сівби за норми висіву 250–300 насінин на м<sup>2</sup> забезпечено збільшення стебел культури – до 561,9–559,3 шт./м.п.

Варіювання врожайності біомаси проса прутоподібного залежно від строків сівби та норми висіву насіння в розрізі 2012–2016 років було в межах – від 7,1 до 15,5 т/га. В більшій мірі на рівень значення цього показника мали вплив норми висіву насіння (300 насінин/м<sup>2</sup>) на фоні середнього строку сівби, що припадав на другу декаду квітня, порівняно із раннім, пізнім і літнім строком (табл. 4).

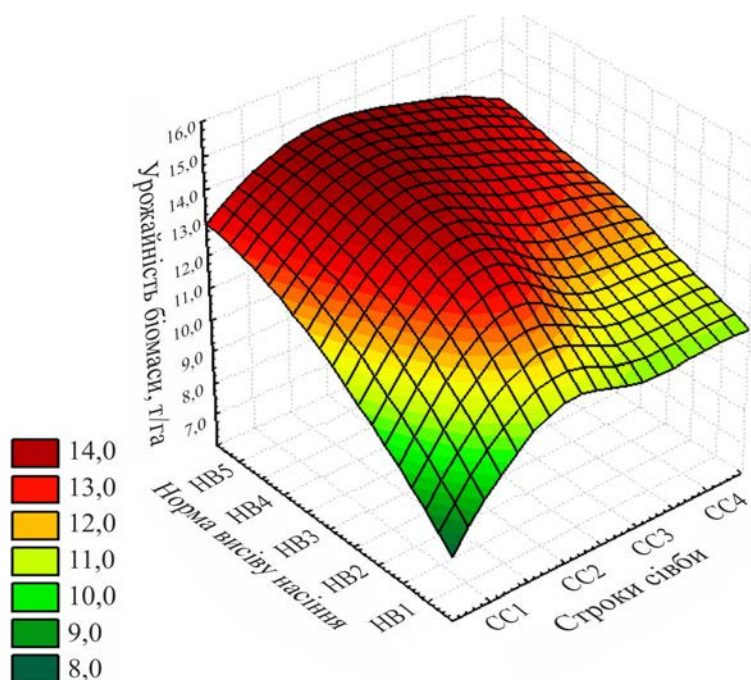
За ранньовесняного строку сівби врожайність біомаси проса прутоподібного змінювалась у межах – від 7,5 до 14,2 т/га, за весняного (середній) – від 9,1 до 15,5 т/га, за пізньовесняного (пізній) – від 7,8 до 14,5 т/га, за літнього – від 7,1 до 14,2 т/га.

Вплив строків сівби і норми висіву насіння на врожайність проса прутоподібного, 2012–2016 рр.

Строки сівби (фактор Б)	Норма висіву насіння, шт./м <sup>2</sup> (фактор В)	Роки (фактор А)					Середнє
		2012	2013	2014	2015	2016	
ранній (сівба в першій декаді квітня)	150	7,5	9,8	10,7	11,9	11,5	10,3
	200	11,0	10,9	11,5	12,4	12,3	11,6
	250	12,4	11,9	12,8	13,3	13,0	12,7
	300	12,7	13,2	13,8	13,5	13,4	13,3
	450	13,1	13,6	14,0	14,2	14,0	13,8
середній (сівба в другій декаді квітня)	150	9,1	12,1	13,0	13,2	13,0	12,1
	200	12,8	14,3	14,7	14,0	14,3	14,0
	250	13,0	13,7	14,8	15,4	14,5	14,3
	300	13,7	13,8	15,1	15,5	14,4	14,5
	450	14,3	14,0	14,9	15,0	14,7	14,6
пізній (сівба в першій декаді травня)	150	7,8	10,9	11,5	12,1	12,0	10,9
	200	8,4	11,4	12,4	12,7	12,5	11,5
	250	11,7	12,7	13,3	13,3	13,0	12,8
	300	12,9	13,5	13,9	14,2	13,9	13,7
	450	13,6	13,7	14,5	14,5	14,2	14,1
літній (сівба в першій декаді червня)	150	7,1	11,5	11,85	12,7	12,1	11,1
	200	8,3	11,7	12,6	13,1	12,5	11,6
	250	10,9	12,6	13,1	13,8	12,6	12,6
	300	11,2	12,9	13,8	14,0	13,0	13,0
	450	12,8	13,4	13,9	14,2	13,1	13,5
Середнє		11,2	12,6	13,3	13,7	13,2	12,8
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		-	-	-	-	-	0,49
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		1,46	0,74	0,7	0,57	0,49	0,46
НІР <sub>05</sub> (фактор В)		0,88	0,64	0,63	0,52	0,52	0,44
НІР <sub>05</sub> (фактор АБ)		-	-	-	-	-	0,98
НІР <sub>05</sub> (фактор АВ)		-	-	-	-	-	0,73
НІР <sub>05</sub> (фактор БВ)		0,28	0,21	0,23	0,17	0,17	0,85
НІР <sub>05</sub> (фактор АБВ)		-	-	-	-	-	0,23

Сівба культури найменшою нормою висіву (150 насінин/м<sup>2</sup>) мала вплив на варіювання врожайності проса прутоподібного залежно від строку сівби – від 7,1 т/га (літній строк) до 13,0 т/га (середній строк). За максимальної норми висіву (450 насінин/м<sup>2</sup>) урожайність біомаси змінювалася залежно від строку сівби – від 13,1 т/га (літній строк) до 14,7 т/га (середній строк).

Графічне відображення залежності між строками сівби і нормою висіву насіння та врожайністю проса прутоподібного наведено на рис. 13.



*Примітка:* норми висіву насіння: NB1 – 150 шт./м<sup>2</sup>, NB2 – 200 шт./м<sup>2</sup>, NB 3 – 250 шт./м<sup>2</sup>, NB4 – 300 шт./м<sup>2</sup>, NB 5 – 450 шт./м<sup>2</sup>; строки сівби: CC1 – ранній (сівба в першій декаді квітня), CC2 – середній (сівба в другій декаді квітня), CC3 – пізній (сівба в першій декаді травня), CC4 – літній (сівба в першій декаді червня).

Рис. 13. Залежність між строками сівби і нормами висіву насіння та врожайністю біомаси проса прутноподібного, 2012–2016 рр.

За сівби у другій декаді квітня рослини проса прутноподібного формували доказово вищу врожайність вегетативної маси порівняно з іншими строками. Так, за сівби у цей строк врожайність біомаси змінювалась від 12,1 т/га (за норми висіву 150 насінин/м<sup>2</sup>) до 15,5 т/га (за норми висіву 300 насінин/м<sup>2</sup>) з наступним зменшенням показника за норми висіву 450 насінин/м<sup>2</sup>. В той же час відмічено суттєве зменшення врожайності культури при пізньовесняних та літніх строках сівби. Необхідно відмітити, що відносне збільшення врожайності біомаси культури за збільшених норм висіву насіння на фоні пізніх строків сівби пов'язуємо із несприятливими умовами під час проростання насіння у літній період: зменшена кількість ефективних опадів за одночасно підвищення тренду температури повітря.

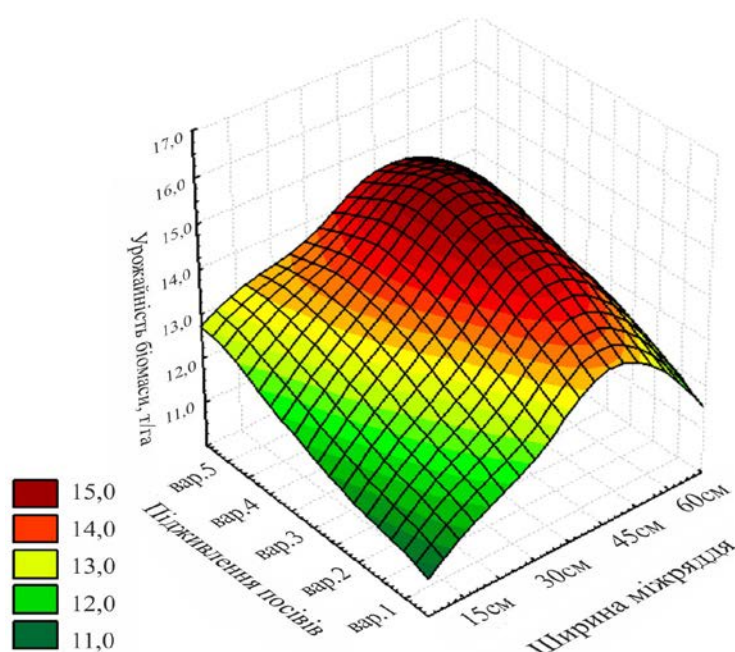
**Формування врожайності проса прутноподібного залежно від ширини міжрядь і підживлення рослин.** Висота стеблостою проса прутноподібного доказово вищою була на варіантах із шириною міжряддя 45 см на фоні внесення доз азотних добрив N<sub>45-60</sub> – у межах від 221,0 до 240,5 см. Застосування менших доз добрив як на вузких, так і на ширших міжряддях істотно знижує даний показник. У середньому за роки дослідження найбільш оптимальна густина стеблостою проса прутноподібного відмічена на варіантах із міжряддям 45 см при внесенні N<sub>45</sub> – 561,9 шт./м.п., що істотно більше порівняно із іншими варіантами досліду.

Кількісні показники рослин проса прутноподібного, поряд із факторами, що були поставлені на вивчення, певним чином обумовили врожайність



культури за сухою біомасою; вона змінювалась у широких межах – від 10,7 до 15,9 т/га і залежала як від ширини міжряддя, так і від норм внесення азоту у підживлення. На звужених міжряддях та внесення на цих варіантах підвищених норм азоту (60 кг/га) призводило до збільшення висоти стеблостою за одночасного зменшення товщини стебел, спостерігалось вилягання рослин – від 14 до 27 % у літній період вегетації. Поряд з цим, за кількісними показниками рослин на варіантах із більш ширшими міжряддями – 60 см істотної різниці між внесенням  $N_{45}$  і  $N_{60}$  не виявлено.

Аналіз даних графіка дозволяє стверджувати, що в більшій мірі на урожайність проса прутоподібного впливає збільшення ширини міжрядь – до 45 см на фоні внесення азотних добрив – від 30 до 45 кг/га із зменшенням даного показника при застосуванні більших норм добрив у підживленні рослин. Вирощування проса прутоподібного як на зменшеній площі живлення рослин (міжряддя 15 см), так і на збільшеній (міжряддя 60 см) призводить до зниження врожайності біомаси (рис. 14).

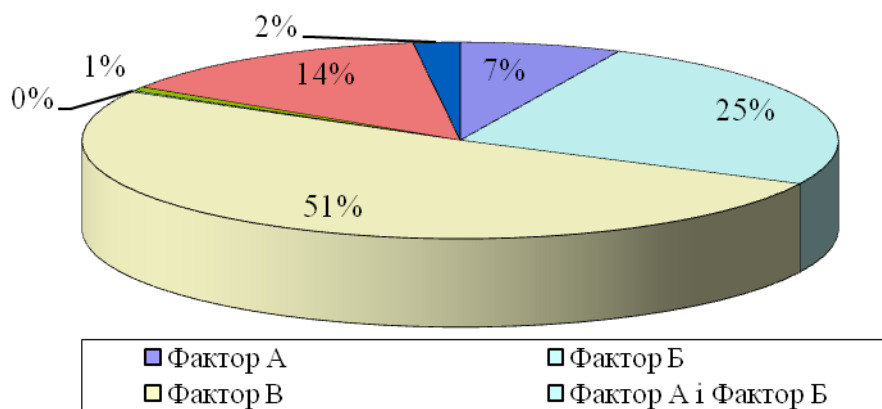


*Примітка:* підживлення посівів: вар. 1 –  $N_0$  (контроль), вар. 2 –  $N_{15}$ , вар. 3 –  $N_{30}$ , вар. 4 –  $N_{45}$ , вар. 5 –  $N_{60}$ .

Рис. 14. Залежність між шириною міжрядь і підживленням рослин та врожайністю біомаси проса прутоподібного, середнє за 2012–2016 рр.

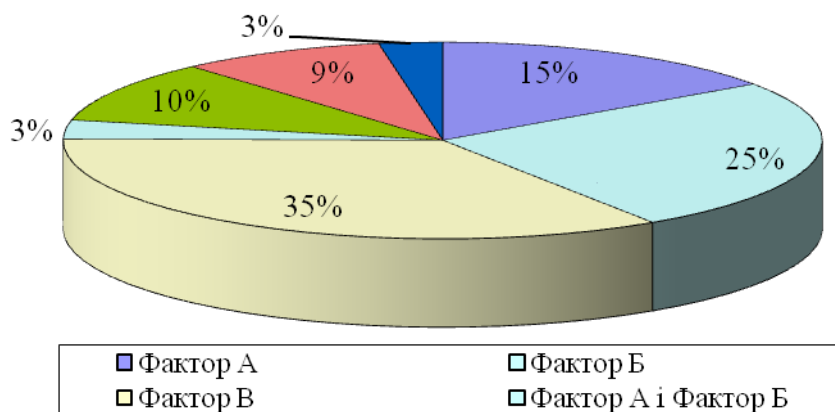
Найбільш доцільним виявилось вирощування проса прутоподібного з шириною міжряддя 45 см і застосуванням весняного підживлення рослин дозою азоту 30–45 кг/га. Внесення зменшених та збільшених доз азоту не призводить до істотного підвищення врожайності, а й навіть зменшує цей показник.

*Частки впливу досліджуваних факторів на урожайність проса прутоподібного.* За визначення комплексного впливу агрозаходів на урожайність проса прутоподібного встановлено частки впливу досліджуваних факторів за роки проведення досліджень (рис. 15).



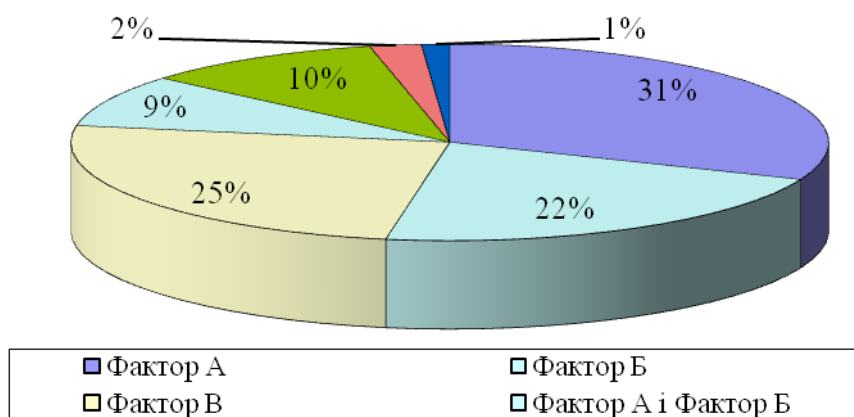
А – основний та весняний обробіток ґрунту

*Примітка:* фактор А – осінній обробіток ґрунту, фактор Б – весняний обробіток ґрунту, фактор В – рік.



Б – строки сівби і норми висіву насіння

*Примітка:* фактор А – строк сівби, фактор Б – норма висіву насіння, фактор В – рік.



В – ширина міжрядь і підживлення рослин

*Примітка:* фактор А – ширина міжряддя, фактор Б – підживлення рослин, фактор В – рік.

Рис. 15. Частки впливу досліджуваних факторів (А – основний та весняний обробіток ґрунту, Б – строки сівби і норми висіву насіння, В – ширина міжрядь і підживлення посівів) на врожайність біомаси проса прутоподібного, 2012–2016 рр.

Визначено, що за комплексного впливу агрозаходів на врожайність біомаси проса прутоподібного найбільший вплив має ширина міжрядь (31,0 %), весняний обробіток ґрунту (25,4 %) і норма висіву насіння (25,0 %) та підживлення посівів (21,9 %) на фоні значного впливу погодних умов вирощування за роки дослідження (25,0...50,9 %). Менший вплив на врожайність культури мають строки сівби (15,0 %) та осінній обробіток ґрунту (6,9 %). При цьому визначено, що вагомий вплив на врожайність має взаємодія факторів «весняний обробіток ґрунту і рік» (13,9 %), «підживлення і рік» (10,3 %), «норма висіву і рік» (8,8 %), «ширина міжряддя і рік» (8,6 %).

Отже, врожайність проса прутоподібного можливо збільшити завдяки комплексу агротехнічних заходів, що передбачають: проведення своєчасного і якісного основного обробітку ґрунту за достатньої кількості весняних культивацій, оптимального строку сівби, норми висіву насіння, надання рослинам достатньої площі живлення при визначеній ширині міжряддя та застосування підживлення навесні, що забезпечує умови, близькі до сприятливих для росту і розвитку рослин, та дозволяє отримувати значний обсяг біомаси з одиниці площі.

**Урожайність проса прутоподібного залежно від способу вирощування та підживлення посівів.** Дослідження впливу умов року вирощування проса прутоподібного показують наступну залежність: з кожним роком дослідження збільшувалася продуктивність проса прутоподібного. Поряд з цим встановлено, що вид посіву (сумісний і змішаний) забезпечує значне збільшення врожайності біомаси порівняно із одновидовим як в середньому за роки, так і в розрізі років (рис. 16–17).

Загалом за період 2012–2016 рр. середнє значення врожайності біомаси проса прутоподібного зросло на 0,34 кг/м<sup>2</sup>. За один рік дослідження продуктивність проса прутоподібного збільшувалася на 0,07–0,1 кг/м<sup>2</sup>. З огляду на результати проведених досліджень можна зробити попередні висновки, що за багаторічного вирощування проса прутоподібного щорічно збільшується як його продуктивність, так і врожайність біомаси.

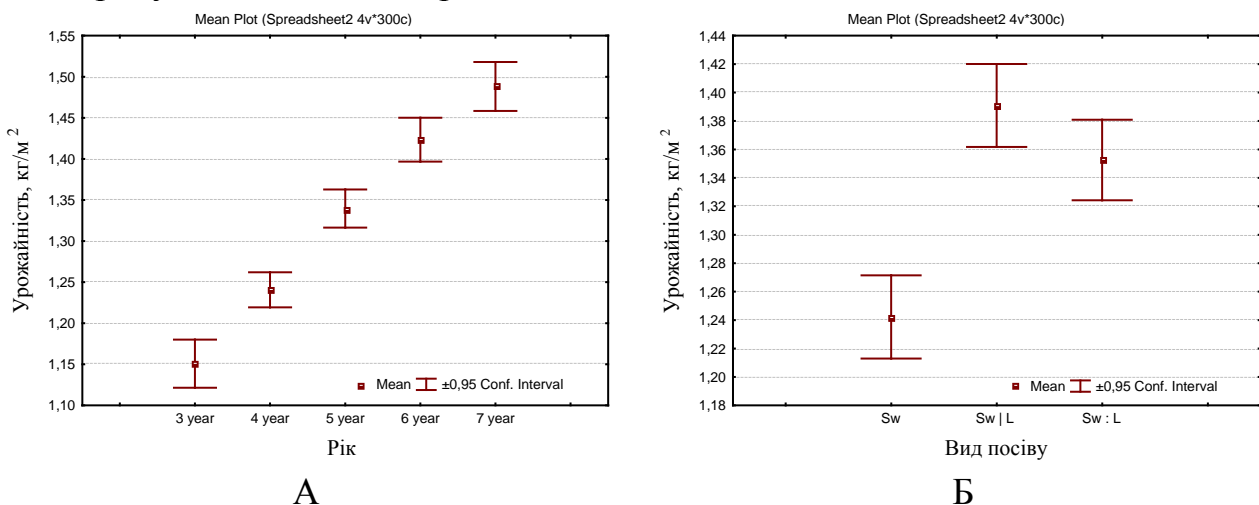
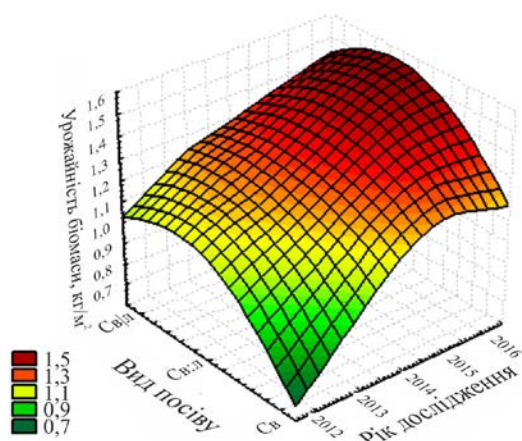
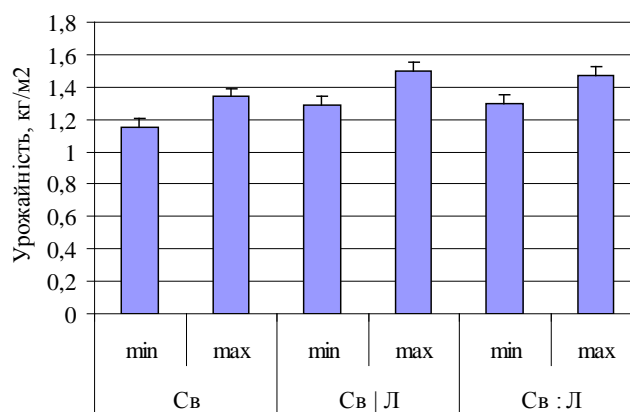


Рис. 16. Вплив умов року дослідження (А), виду посіву (Б) на врожайність біомаси проса прутоподібного, 2012–2016 рр.





АБ



В

Рис. 17. Вплив умов року (А), виду посіву (Б) та підживлення (В) на врожайність біомаси проса прутюподібного, 2012–2016 рр.

Встановлено найбільше середнє значення врожайності біомаси проса прутюподібного (15,0 та 14,4 т/га) у сумісних посівах на варіантах підживлення  $N_{15}$  і  $N_{30}$ , та у змішаних посівах (14,7 т/га) при застосуванні  $N_{30}$  у підживлення. Поряд з цим, найменше середнє значення врожайності проса прутюподібного (11,4 т/га) визначено у одновидових посівах на контрольних варіантах.

Встановлено, що внесення збільшених доз добрив ( $N_{45}$  і  $N_{60}$ ) у сумісних посівах зменшує врожайність біомаси проса прутюподібного порівняно із меншими дозами ( $N_{15}$  і  $N_{30}$ ) на 0,6–1,7 т/га. Внесення зменшених ( $N_{15}$ ) і збільшених ( $N_{45}$  та  $N_{60}$ ) доз азоту у змішаних посівах знижує врожайність основного компоненту, відповідно на 1,7 і 0,1,2 т/га порівняно з іншими варіантами дослідження. В одновидових посівах зафіксовано збільшення врожайності проса прутюподібного на варіантах підживлення від  $N_{15}$  до  $N_{45}$ , прибавка до варіантів без добрив становила від 0,3 до 2,0 т/га.

Кореляції між кількісними показниками рослин і врожайністю проса прутюподібного залежно від виду посіву наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин і врожайністю проса прутюподібного залежно від виду посіву, 2012–2016 рр.

Вид посіву	Показники	ВР	КС	У
Одновидовий	ВР	-	0,79*	0,88*
	КС	0,79*	-	0,76*
	У	0,88*	0,76*	-
Сумісний	ВР	-	0,73*	0,31*
	КС	0,73*	-	0,69*
	У	0,31*	0,69*	-
Змішаний	ВР	-	0,47*	0,54*
	КС	0,47*	-	0,75*
	У	0,54*	0,75*	-

Примітка: зв'язок суттєвий при 5% рівні значущості.

ВР – висота рослин, см; КС – кількість стебел, шт./м.п., У – урожайність біомаси, т/га.

На основі кореляційно-регресійного аналізу визначено, що кількість стебел, порівняно із висотою рослин, у більшій мірі обумовлює врожайність проса прутоподібного в усіх видах посіву (коефіцієнт кореляції  $\geq 0,7$  свідчить про сильний зв'язок між показниками). В одновидовому посіві висота рослин ( $d = 0,77$ ) і кількість стебел ( $d = 0,53$ ) впливають на формування продуктивності проса прутоподібного – отриманий коефіцієнт кореляції  $> 0,7$ , що характерно для обох показників.

У сумісному посіві проса прутоподібного встановлена інша прямолінійна залежність – із збільшенням густоти стебел зростає врожайність ( $r = 0,69$ ), та навпаки. Висота рослин мала середній вплив на цей показник за коефіцієнтом кореляції ( $r = 0,31$ ). Отже, врожайність надземної вегетативної маси проса прутоподібного у змішаному посіві залежить на 56 % від кількості стебел та на 29 % від висоти рослин.

**Урожайність проса прутоподібного за оптимізованої технології вирощування культури.** Оптимізована технологія вирощування проса прутоподібного на маргінальних землях поєднувала: використання напівпарової системи основного обробітку ґрунту, весняні культивації, проведення коткування до- і після сівби культури; сівбу у другій декаді квітня норму висіву 300 схожих насінин на 1 м<sup>2</sup> або 3 млн. шт. на 1 га (5,7 кг/га); широкорядним способом (міжряддя 45 см) сумісно з бобовим компонентом (люпином), застосування весняного азотного підживлення рослин у дозі 15–30 кг/га д. р. розпочинаючи з третього року вегетації культури (табл. 6).

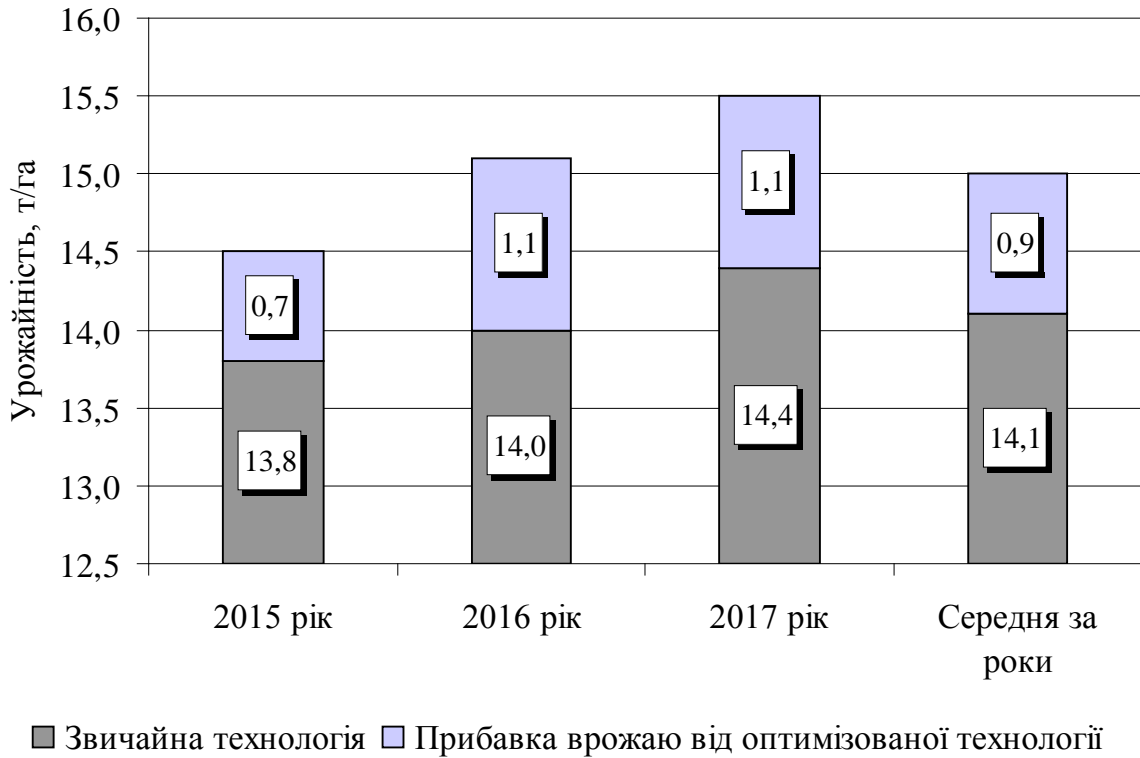
Таблиця 6

Урожайність біомаси проса прутоподібного залежно від технології вирощування, т/га (2015–2017 рр.)

Технологія (фактор А)	Роки (фактор Б)			Середнє за роки
	2015	2016	2017	
Звичайна	13,8	14,0	14,4	14,1
Оптимізована	14,5	15,1	15,5	15,0
НІР <sub>05</sub> (фактор А)	0,6	0,9	1,0	0,3
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)	-	-	-	0,4
НІР <sub>05</sub> (фактор АБ)	-	-	-	0,2

Урожайність біомаси проса прутоподібного за оптимізованої технології вирощування, порівняно із звичайною, доказово вищою була в усі роки дослідження: прибавка врожаю у 2015 році становила 0,7 т/га, у 2016 і 2017 роках була рівнозначною – на рівні 1,1 т/га (рис. 18, 19).

Застосування комплексу агрозаходів за оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного в умовах Лісостепу України у середньому за три роки досліджень дозволяє збільшити урожайність біомаси до 15,0 т/га, що істотно (на 0,9 т/га) вище порівняно із звичайною технологією.



Примітка:  $НІР_{05}$  0,3 т/га (роки);  $НІР_{05}$  (технологія) 0,4 т/га.

Рис. 18. Динаміка збільшення врожайності біомаси проса прутоподібного залежно від технології вирощування культури, 2015–2017 рр.

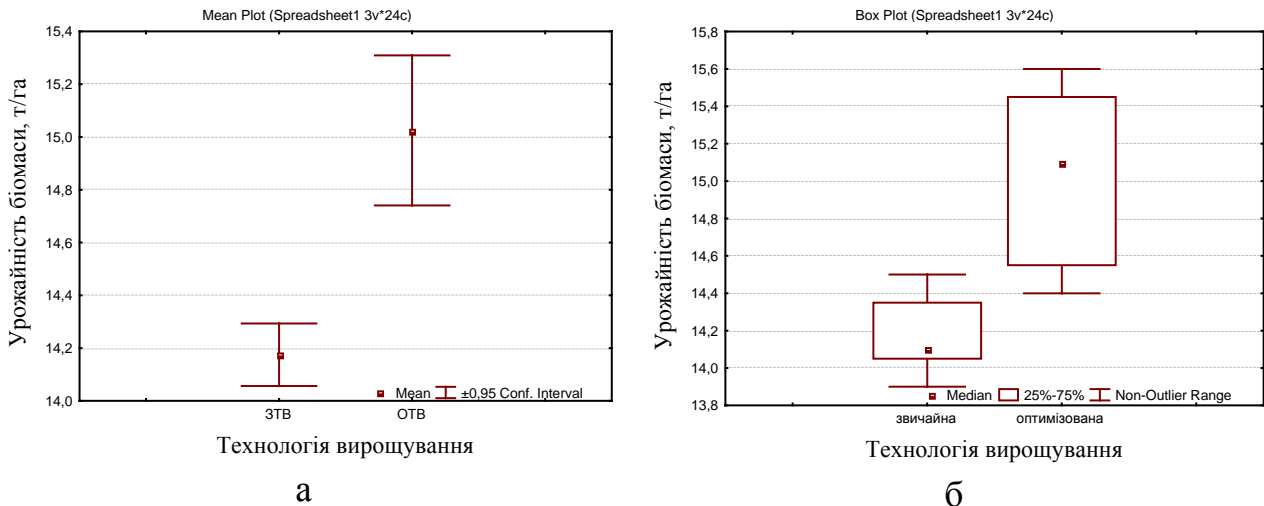


Рис. 19. Залежність між технологіями вирощування проса прутоподібного (а), в межах років дослідження (б) та врожайністю біомаси, середнє за 2015–2017 рр.

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ

Економічна оцінка ефективності вирощування проса прутоподібного при звичайній та оптимізованій технологіях вирощування передбачає проведення порівняльної оцінки за основними економічними показниками.

Для отримання об'єктивної оцінки ефективності проса прутоподібного як біоенергетичної культури необхідно враховувати оцінку тих витрат (ресурсів),

що дають можливість одержати певні результати. Для оперативної оцінки (експрес-аналізу) основних показників, які характеризують економічну ефективність вирощування проса прутоподібного залежно від досліджуваних факторів використано наступні показники: виробнича собівартість вирощування ( $C_v$ ), грн./т; повна собівартість вирощування ( $C_{п}$ ), грн./т; виручка від реалізації ( $V_p$ ), грн.; валовий прибуток від реалізації продукції ( $П_p$ ), грн. та рівень рентабельності виробництва ( $P_{вир}$ ), %.

Оптимізовані елементи технології вирощування передбачали: вирощування проса прутоподібного на маргінальних землях на ретельно підготовленому полі з використанням напівпарової системи основного обробітку ґрунту, весняних культивацій, в т.ч. передпосівної, проведення коткування до- і після сівби культури; сівбу проса прутоподібного у другій декаді квітня за норми висіву 300 схожих насінин на 1 м<sup>2</sup>, або це 3 млн. насінин на 1 га (5,7 кг/га); широкорядним способом (45 см) сумісно з бобовим компонентом і застосування весняного підживлення рослин дозою азоту 15–30 кг/га д.р. (табл. 7).

Таблиця 7

Економічна ефективність вирощування проса прутоподібного залежно від технології вирощування, 2015–2017 рр.

Технологія	Рік вегетації (фактор Б)	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності				
			$C_v$ , грн/га	$C_{п}$ , грн/га	$V_p$ , грн/га	$П_p$ , грн/га	$P_{вир}$ , %
Звичайна	третій	13,8	7016,0	7856,0	13110,0	569,3	66,9
	четвертий	14,0	7260,0	7986,1	13300,0	570,4	66,5
	п'ятий	14,4	7280,0	7953,6	13680,0	552,3	72,0
Середнє за роки		14,1	7185,3	7931,9	13363,3	564,0	68,5
Оптимізована	третій	14,5	7520,0	8347,2	13775,0	575,7	72,5
	четвертий	15,1	7610,0	8363,6	14345,0	583,9	75,5
	п'ятий	15,5	7410,0	8213,0	14725,0	589,9	79,3
Середнє за роки		15,0	7513,3	8307,9	14281,7	583,2	75,7

Застосування оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного, порівняно із звичайною у середньому за три роки дозволяє збільшити виручку реалізації продукції на 918,4 грн./га, валовий прибуток від реалізації продукції – на 19,2 грн/га, та підвищити рівень рентабельності виробництва у середньому за три роки – від 68,5 до 75,7 %.

Показники економічної ефективності (виручка від реалізації продукції та рівень рентабельності виробництва) біомаси проса прутоподібного за звичайної та оптимізованої технології вирощування у середньому за 2015–2017 роки наведено на рис. 20.

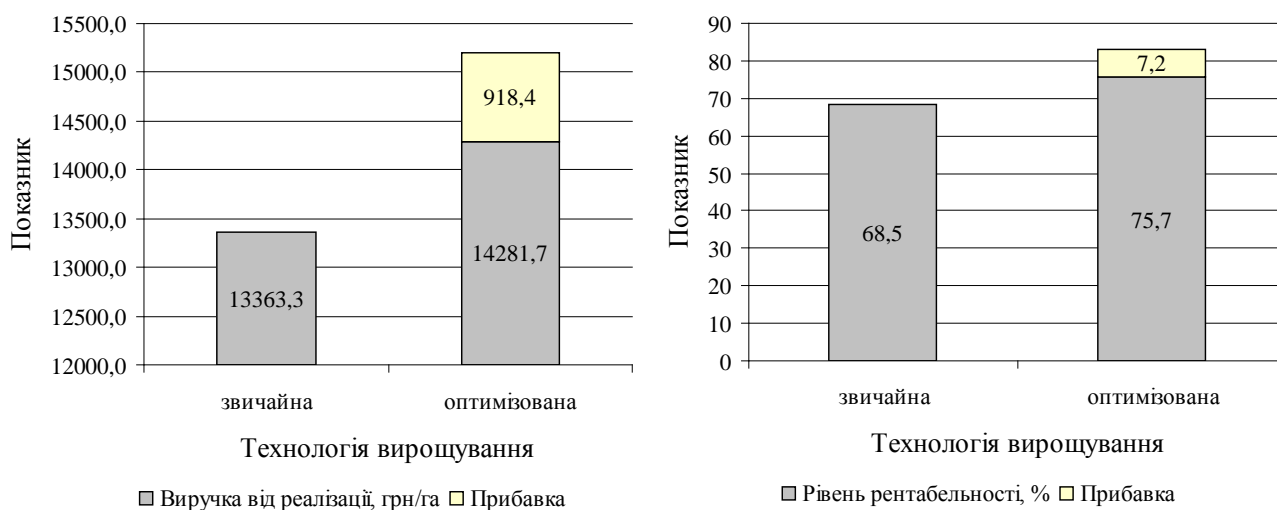


Рис. 20. Показники економічної ефективності (А – виручка від реалізації продукції, Б – рівень рентабельності виробництва) біомаси проса прутоподібного за звичайної та оптимізованої технології вирощування, середнє за 2015–2017 рр.

За оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного, порівняно із звичайною отримано збільшення виручки від реалізації продукції, у середньому за три роки – на 918,4 грн./га та підвищення рівня рентабельності виробництва – на 7,2 %.

### ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОМАСИ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Енергетична ефективність проса прутоподібного базується на застосовуванні оптимізованої технології вирощування, що забезпечує збільшення енергоефективності виробництва, яка визначається як комплекс взаємопов'язаних операцій, що знижують енергетичні витрати у розрахунку на одиницю отриманої продукції, в даному випадку – біомаси із енергоємністю 16,0–17,0 МДж/кг.

За визначення енергетичної ефективності вирощування проса прутоподібного використовували наступні показники:  $V_{т6}$  – вихід твердого біопалива, т/га;  $BE_{т6}$  – вихід енергії, ГДж/га;  $E_c$  – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, ГДж/га;  $EM$  – енергомісткість технології виробництва, ГДж/т;  $K_{ee}$  – коефіцієнт енергетичної ефективності.

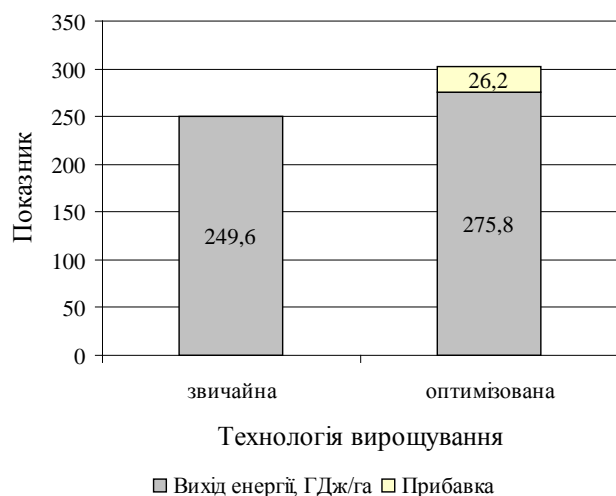
Оптимізована технологія вирощування передбачала: вирощувати просо прутоподібне на маргінальних землях на ретельно підготовленому полі з використанням напівпарової системи основного обробітку ґрунту, двох весняних культивуацій, проведення коткування до- і після сівби культури; сівби у другій декаді квітня за норми висіву 300 схожих насінин на 1 м<sup>2</sup>, або це 3 млн. насінин на 1 га (5,7 кг/га); проведення сівби широкорядним способом (45 см) сумісно з бобовим компонентом і застосування весняного підживлення рослин

нормою азоту 15–30 кг/га д.р. Застосування запропонованого комплексу агрозаходів, порівняно із звичайною технологією вирощування проса прутоподібного, в умовах Лісостепу України дозволяє збільшити показники енергетичної ефективності виробництва продукції біомаси (табл. 8, рис. 21).

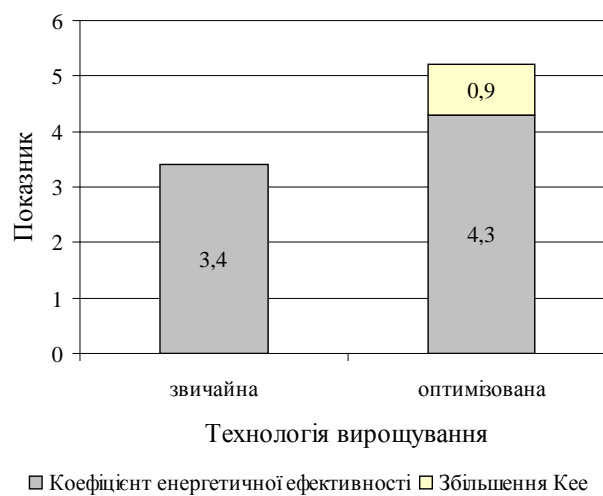
Таблиця 8

Енергетична ефективність вирощування проса прутоподібного при звичайній та оптимізованій технології вирощування, 2015–2017 рр.

Технологія	Рік вегетації (фактор Б)	Урожайність, т/га	Показники енергетичної ефективності				
			$V_{тб}$	$BE_{тб}$	$E_c$	EM	$K_{ee}$
Звичайна	третій	13,8	15,2	242,9	82,4	5,4	2,9
	четвертий	14,0	15,4	254,1	70,5	4,6	3,6
	п'ятий	14,4	15,7	251,7	66,1	4,2	3,8
Середнє за роки		14,1	15,4	249,6	73,0	4,7	3,4
Оптимізована	третій	14,5	16,2	258,7	54,8	3,4	4,7
	четвертий	15,1	16,6	290,7	73,5	4,4	4,0
	п'ятий	15,5	17,4	278,1	67,7	3,9	4,1
Середнє за роки		15,0	16,7	275,8	65,3	3,9	4,3



А



Б

Рис. 21. Показники енергетичної ефективності (А – виручка від реалізації продукції, Б – рівень рентабельності виробництва) біомаси проса прутоподібного за звичайної та оптимізованої технології вирощування, середнє за 2015–2017 рр.

Застосування оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного, порівняно із звичайною, у середньому за роки дало можливість збільшити вихід енергії на 26,2 ГДж/га, та підвищити коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,9 – від 3,4 (ефективність низька) до 4,3 (ефективність середня).

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення важливої наукової проблеми підвищення врожайності проса прутоподібного як рослинної сировини для виробництва енергоємного біопалива. В результаті досліджень виявлено закономірності росту і розвитку рослин, агроекологічні основи формування та реалізації потенціалу врожайності біомаси та насіння залежно від ґрунтово-кліматичних умов та оптимізовано технологію вирощування проса прутоподібного.

За результатами проведених досліджень сформульовані наступні висновки:

1. При вивченні сортів проса прутоподібного, що вирощувалися на окультурених та маргінальних землях визначено, що за тривалістю вегетаційного періоду їх можна розподілити на ранньо-, середньо- та пізньостиглі. Встановлено, що незалежно від умов вирощування усі сорти здатні переносити несприятливі умови зими, забезпечувати потужний стеблостій за весняно-літню вегетацію та формувати значний рівень врожайності за сухою фітомасою залежно від кількісних показників рослин. Урожайність середньо- та пізньостиглих сортів проса прутоподібного в більшій мірі обумовлюється кількістю стебел на одиницю площі ( $r > 0,7$ ), висота стеблостою має середній вплив на даний показник ( $r 0,3 \dots 0,6$ ).

2. На окультурених ґрунтах максимальну врожайність сухої біомаси протягом років дослідження формували сорти Кейв-ін-рок (14,3–16,9 т/га) і Картадж (14,0–16,0 т/га). На маргінальних землях найбільшу врожайність сухої біомаси за роками досліджень також забезпечили ці ж сорти. Зокрема, в сорту Кейв-ін-рок цей показник був у межах 11,0–14,5 т/га, в сорту Картадж – 10,9–13,3 т/га. Незалежно від сортового складу вагомий вплив на рівень урожайності мають ґрунтові умови: на більш родючих ґрунтах, порівняно з менш родючими, врожайність біомаси сортів проса прутоподібного була вищою: для ранньостиглих сортів на 2,7–3,4 т/га, для середньостиглих сортів – на 3,2–4,6 т/га, для пізньостиглих сортів – на 3,7–4,5 т/га

3. Встановлено, що строки збирання біомаси сортів проса прутоподібного мають вплив на вміст сухої речовини з 1 га. Вміст сухої речовини в біомасі, зібраної весною, на противагу осінніми облікам істотно більший на маргінальних землях, порівняно із окультуреними ґрунтами: в ранніх сортів – на 2,7–6,5 %, обернена тенденція відмічена у середньостиглих сортів – на 0,3–2,6 %, та в пізніх – на 4,6–5,3 %. Найбільша різниця у вмісті сухої речовини за весняних та осінніх обліків урожаю спостерігалась у ранніх та пізньостиглих сортів проса прутоподібного незалежно від умов вирощування. Сорти проса прутоподібного на окультурених ґрунтах формують більшу врожайність, порівняно із маргінальними землями за осіннього збору врожаю на 3,4 т/га (ранні сорти), на 2,8–5,0 т/га (середньостиглі сорти), та на 3,8–5,1 т/га (пізньостиглі сорти). На маргінальних землях збільшення врожайності проса прутоподібного осіннього збору відмічено за групами сортів: у ранньостиглих – на 3,2 т/га, у середньостиглих – на 1,9–4,1 т/га, у пізньостиглих – на 2,5–4,3 т/га. На малопродуктивних землях відмічено подібну тенденцію. Вміст вологи у

біомасі різних сортів проса прутоподібного різнилися і залежала від строку досягання: встановлена закономірність – ранньостиглі сорти споживають більшу кількість води за вегетацію, та містять у біомасі менший вміст вологи порівняно із середньо- і пізньостиглими.

4. За вирощування проса прутоподібного в умовах Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції (західна частина Лісостепу України) біометричні показники рослин (кількість стебел на одиницю площі, довжина прапорцевого листка та вміст сухої речовини) мають вплив на формування врожайності сухої вегетативної маси. Середньою мірою, за коефіцієнтом кореляції, на рівень урожайності надземної вегетативної маси впливає висота рослин, кількість листків на ній та їхня загальна кількість. За ступенем впливу на врожайність сухої біомаси елементи продуктивності можна розподілити в порядку зниження таким чином: вміст сухої речовини у фітомасі → густина стеблостою → довжина прапорцевого листка → висота рослин → загальна кількість листків на рослині → кількість листків на одній рослині → інші.

5. Урожайність сухої біомаси проса прутоподібного в умовах Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції (східна частина Лісостепу України) обумовлюється висотою рослин ( $r = 0,75$ ), загальною кількістю листків на них ( $r = 0,68$ ), довжиною прапорцевого листка ( $r = 0,74$ ) та вмістом сухої речовини у фітомасі ( $r = 0,87$ ). Середній вплив на формування врожайності надземної вегетативної маси культури, за коефіцієнтом кореляції, мають висота рослини та кількість листків на ній. За ступенем впливу на урожайність сухої біомаси проса прутоподібного біометричні показники рослин розміщуються наступним чином (у порядку зниження): вміст сухої речовини у фітомасі → висота рослин → довжина прапорцевого листка → загальна кількість листків на рослині → кількість листків на одній рослині → густина стеблостою → інші.

6. В умовах східного Лісостепу на чорноземі типовому потужному слабосолонцюватому, малогумусному, середньо-суглинковому найбільший потенціал урожайності сухої вегетативної надземної маси формує просо прутоподібне на рівні 14,2 т/га. За вирощування проса прутоподібного в умовах західного Лісостепу на сірому лісовому опідзоленому середньо-суглинковому слабокислому ґрунті найбільша врожайність сухої біомаси формується на рівні 15,6 т/га.

7. У більш зволжених роках з ГТК близьким або більше 1,0 отримали збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного: довжини волотей, їх кількості, маси насіння з рослини та його крупності, що обумовлюють насінневу продуктивність культури. Найвищу врожайність насіння проса прутоподібного отримано у 2014 році, в межах НІР<sub>05</sub> – у 2015 р. (0,86 т/га), а з істотним її зменшенням – у 2012 р. – на 0,39 т/га, у 2013 р. – на 0,29 т/га та у 2016 р. – на 0,17 т/га порівняно із 2014 роком.

8. Урожайність насіння проса прутоподібного має тісний зв'язок з довжиною і кількістю волотей на рослинах за умов зволоження, близьких до оптимальних з ГТК  $\geq 1,0$ . За посушливих умов (ГТК  $< 1,0$ ) – зростає вплив довжини волоті та маса 1000 насінин – показників, що обумовлюють насінневу



продуктивність культури. Ця тенденція пов'язана із видовими особливостями культури. Урожайні властивості насіння проса прутіподібного обумовлюється погодним факторами та природною родючістю ґрунту за вмістом гумусу та його фізико-хімічними властивостями залежно від місця вирощування. Визначено, що це залежить від збільшеної кількості запасних речовин, що накопичилися в зернівках рослин за вирощування проса прутіподібного на більш родючому фоні.

9. Встановлено, що на врожайність насіння проса прутіподібного істотний вплив має застосування підживлення азотом ( $N_{45}$ ) за вирощування рослин при ширині міжряддя 60 см – від 0,57 до 0,72 т/га. Як збільшення, так і зменшення ширини міжрядь призводить до зниження насінневої продуктивності культури. Урожайність насіння проса прутіподібного на 26 % залежить від висоти рослин за коефіцієнта кореляції  $r = 0,51$ , та на 23 % – від кількості стебел за коефіцієнта кореляції  $r = 0,48$ . За роками досліджень встановлено закономірність: із збільшенням середньодобової температури повітря понад 22 °C та середньомісячної кількості опадів більше 20 мм в період весняно-літньої вегетації культури врожайність насіння проса прутіподібного підвищується.

10. Терміни післязбирального досягання насіння проса прутіподібного можна зменшити шляхом зберігання його протягом трьох і більше років у приміщеннях з температурою повітря 18 °C. Визначено, що насіння, вирощене на збіднених на поживні речовини ґрунтах має більш подовжений термін досягання та нижчу схожість, ніж те, що отримали на більш родючих ґрунтах. Маса 1000 насінин також має вплив на цей показник – у крупного насіння швидше настає післязбиральне досягання та вища лабораторна схожість порівняно з менш крупним.

11. За багаторічного циклу життя проса прутіподібного вміст органічної речовини в орному шарі ґрунту у сумісних посівах із люпином підвищувався порівняно із одновидовими та змішаними – на 0,05 і 0,03 % відповідно, що пов'язано із збільшеною кількістю рослинних решток, що залишаються на полі, які у взаємодії із вологою сприяють накопиченню в ґрунті органічної речовини і гумусу.

12. Виявлено закономірності переходу важких металів у системі «ґрунт – рослина» при антропогенному забрудненні чорнозему типового малогумусного: ряд інтенсивності поглинання металів рослинами проса прутіподібного має вигляд  $Cd \rightarrow Cu \rightarrow Zn \rightarrow Pb \rightarrow Co$ . За швидкістю виведення рухомих форм полютантів рослинами проса прутіподібного з орного шару ґрунту, за допомогою фіторемедіації, встановлено наступний ряд:  $Cu > Zn > Cd > Co > Pb$ .

13. З урахуванням потенціалу рослин до фітостабілізації важких металів, що запобігають подальшій міграції полютантів у ґрунтові води або повітря доречно вирощувати просо прутіподібне і на забруднених землях. При цьому культуру слід розміщувати відповідно до розробленої та обґрунтованої моделі очищення ґрунтів від важких металів, що поєднує наступні складові: оцінка характеру забруднення → оптимальна схема фіторемедіації → вирощування енергокультури → моніторинг ділянки. Це дозволяє отримувати потужну,

енергоємну біомасу проса прутоподібного з мінімальним вмістом забруднювачів та використати її як сировину для виробництва біопалива.

14. На фоні напівпарового зяблевого обробітку весняні культивації ґрунту, в подальшому – передпосівна культивація з сівбою проса прутоподібного в єдиному технологічному комплексі з коткуванням поверхні поля кільчато-зубчастими котками до і після сівби, в порівнянні з варіантами де культивацію проводили один раз, або двічі без коткування, в посушливих умовах весни сприяла кращому збереженню ґрунтової вологи у верхньому шарі ґрунту. Цей комплекс агрозаходів, порівняно з іншими варіантами дослідів, дозволив отримати вищий рівень урожайності проса прутоподібного за сухою масою – на 3,1 і 2,3 т/га відповідно.

15. Найбільшу врожайність біомаси проса прутоподібне забезпечує при вирощуванні з шириною міжряддя 45 см і застосування весняного азотного підживлення рослин у дозі 30–45 кг д.р./га. Внесення меншої та більшої доз азоту не призводило до суттєвого підвищення врожайності або навіть зменшувало даний показник. Аналогічна закономірність відмічена з показниками площі живлення рослин: як зменшення міжряддя до 15 см, так і збільшення до 60 см призводить до суттєвого зниження врожайності біомаси проса прутоподібного.

16. Встановлено, що найбільша врожайність біомаси проса прутоподібного забезпечується за норми висіву насіння 3,0 млн. шт./га, тоді як зменшення або збільшення даного показника призводить до зниження продуктивності культури. Порівняно із ранньо-, пізньовесняними та літніми строками сівби вищий рівень урожайності культури одержано за весняного строку сівби (друга декада квітня).

17. Збільшення врожайності біомаси проса прутоподібного (15,0 та 14,4 т/га) одержано за його вирощування у сумісних посівах із бобовим компонентом (люпином) за підживлення азотом у дозах  $N_{15}$  і  $N_{30}$ , а також у змішаних посівах (14,7 т/га) при внесенні  $N_{30}$  у підживлення. Найменша врожайність проса прутоподібного (у середньому за роки на рівні 11,4 т/га) сформована у одновидових посівах без застосування добрив.

18. Визначено, що врожайність біомаси проса прутоподібного була значно вищою за його вирощування у сумісних і змішаних посівах з шириною міжряддя 45 см, порівняно із меншими та більшими міжряддями. При цьому продуктивність культури у більшій мірі обумовлюється густотою стеблостою, порівняно із висотою рослин в усіх видах посіву (коефіцієнт кореляції  $\geq 0,7$ , коефіцієнт детермінації  $\geq 0,5$ ).

19. Застосування оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного на маргінальних землях, що поєднувала: фон напівпарового основного обробітку ґрунту, дві весняні та передпосівну культивації, допосівне та післяпосівне прикочування ґрунту; весняну сівбу у другій декаді квітня нормою висіву 300 схожих насінин на 1 м<sup>2</sup> або це 3 млн. шт. насінин на 1 га (5,7 кг/га); широкорядний спосіб сівби (45 см) сумісно з бобовим компонентом, весняне азотне підживлення рослин у дозі 15–30 кг/га д. р. (розпочинаючи з третього року вегетації культури) дозволяє в умовах Лісостепу України

збільшити врожайність біомаси до 15,0 т/га, що на 0,9 т/га більше порівняно із звичайною технологією.

20. Аналіз економічної ефективності вирощування проса прутоподібного на окультурених землях засвідчує, що порівняно із іншими сортами, поставленими на вивчення, повна собівартість виробництва 1 т сухої біомаси сорту Кейв-ін-рок є найменшою і становить 534,3 грн., а рівень рентабельності виробництва біомаси – найвищий і становить 77,8 %. З-поміж сортів проса прутоподібного за їхнього вирощування на маргінальних землях повна собівартість виробництва 1 т сухої біомаси сорту Кейв-ін-рок була найменшою і становила 625,8 грн., а рівень рентабельності виробництва був на рівні 51,8 %.

21. Оптимізована технологія вирощування, порівняно із звичайною, у середньому за роки дослідження забезпечила зменшення собівартості однієї тонни сухої біомаси проса прутоподібного на 71,7 грн, за одночасного збільшення виручки на 918,4 грн/га та валового прибутку – на 19,2 грн/га. При цьому рівень рентабельності виробництва підвищився на 7,3 %.

22. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування біомаси проса прутоподібного залежав від сорту, місця вирощування, рівня урожайності, виходу енергії та енергомісткості елементів технології вирощування культури. З-поміж сортименту проса прутоподібного як на окультурених, так і на маргінальних землях найбільш ефективним з енергетичної точки зору виявилось вирощування сортів середньо- і пізньостиглої групи: Кейв-ін-Рок, Форесбург і Картадж. За вирощування культури в умовах Лісостепу України отримано коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні або більше 4,0, що свідчить про середню ефективність виробництва біомаси із проса прутоподібного.

23. Застосування оптимізованої технології вирощування проса прутоподібного, порівняно із звичайною, на фоні зменшення сукупних витрат енергетичних ресурсів на 1 га посівів з 73,0 до 65,3 ГДж дало можливість збільшити вихід твердого біопалива на 1,3 т/га, енергії на 26,2 ГДж/га, та підвищити коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,9 – від 3,4 (ефективність низька) до 4,3 (ефективність середня).

### **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

1. Для стабільного отримання врожайності сухої біомаси проса прутоподібного на рівні або більше 15,0 т/га в умовах Лісостепу України рекомендується застосовувати оптимізовану технологію вирощування, що передбачає:

- вирощування проса прутоподібного на маргінальних землях на ретельно підготовленому полі з використанням напівпарової системи основного обробітку ґрунту, проведенням двох весняних культивацій: першої – на глибину 12–14 см, наступної – на 6–8 см та передпосівної культивації – на глибину 2–3 см за обов'язкового коткування поля до- і після сівби насіння;

- використання заздалегідь підготовленого насіння (штучно стратифікованого протягом двох місяців, або витриманого не менш як три роки за температури повітря 18 °С) середньостиглих сортів проса прутоподібного;

- сівбу проса прутоподібного у другій декаді квітня нормою висіву 300 шт./м<sup>2</sup> схожих насінин, що відповідає 5,7 кг/га (3 млн. насінин на 1 га);
- проведення сівби широкорядним способом (45 см) і застосування весняного підживлення рослин дозою азоту 30–45 кг/га д.р., розпочинаючи з третього року вегетації культури;
- вирощування проса прутоподібного в сумісних посівах разом із бобовим компонентом (люпином), зменшуючи при цьому дозу внесення азоту для підживлення до 15–30 кг/га д.р.

2. Для отримання високої врожайності насіння (на рівні, або більше 0,6 т/га) необхідно вирощувати просо прутоподібне за ширини міжряддя 60 см з обов'язковим підживленням посівів N<sub>45</sub>.

3. З урахуванням потенціалу рослин проса прутоподібного до фітостабілізації важких металів, що запобігають подальшій міграції поллютантів у ґрунтові води або повітря, можна вирощувати культуру на забруднених землях важкими металами для фіторемедіації ґрунтів.

## СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографії:

1. Кулик М. І. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сортів проса прутоподібного : *Екологічні, соціальні й економічні аспекти розвитку АПК на засадах раціонального природокористування* : колективна монографія / За ред. П. В. Писаренка, Т. О. Чайки, О. О. Ласло. Полтава: Видавництво «Сімон», 2015. С. 194–205.

2. Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива : *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії* : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. П.: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 258–266. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання розділу монографії).

3. Кулик М. І. Вплив умов вирощування та біометричних показників рослин на урожайність і вихід біопалива проса прутоподібного в Лісостепу України : *Енергоефективність та енергозбереження : економічний, технічний та агроекологічний аспекти* : колективна монографія ; колектив авторів. Полтава : Астроя, 2018. С. 455–466.

4. Кулик М. И. Биологические особенности и потенциал урожайности проса прутьевидного – *Panicum virgatum L.* : *Актуальные задачи биологии и экологии в региональном контексте* : коллективная монография / под ред. М. В. Ларионова. Новосибирск: Изд. НАС СибАК, 2016. С. 38–64.

5. Kalinichenko A., Kalinichenko O., Kulyk M. Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine : *Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka*. Monograph / pod red. I. Pietkun-Greber, P. Ratusznego, Uniwersytet Opolski : Opole, Kijów, 2017. (tom II): 163–179. (60 % авторства, отримання експериментальних даних,

аналіз та узагальнення, написання розділу монографії).

6. Kulyk Maksym and Shokalo Natalia. 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. ISBN: 978-9934-571-26-8 (DOI: [http://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-26-8\\_10](http://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-26-8_10)). (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання розділу монографії).

7. Oleg Gorb, Olena Kostenko, Maksym Kulyk, Iona Yasnolob, Antonina Kalinichenko. Energy crops: the link between education and science. *Odnawialne Źródła Energii – teoria i praktyka* : Monograph / Edited by Izabela Pietkun-Greber and Dariusz Suszanowicz. Uniwersytet Opolski, Opole. Tom 3, 2018 : 9–36. (40 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання розділу монографії).

#### **Статті у фахових наукових виданнях України:**

8. Мороз О. В., Смірних В. М., Курило В. М., Горобець А. М., Кулик М. І. Світчграс як нова фітоенергетична культура. *Цукрові буряки*. Київ, 2011. Вип. №3(81). С. 12–14. (30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

9. Кулик М. І. Вплив умов вирощування на кількісні показники рослин світчграсу (*Panicum virgatum* L.) першого року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2012. №3. С. 62–67.

10. Крайсвітній П. А., Рій О. В., Кулик М. І. Світчграс як енергоємна сировина для виробництва біопалива. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. Вип. 1(57). С. 41–47. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

11. Кулик М. І. Допосівна підготовка насіння – важлива складова насінництва проса лозовидного (*Panicum virgatum* L.). *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: Сільськогосподарські науки. Вінниця, 2012. Вип. 6 (68). С. 96–104.

12. Кулик М. І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. №2, 2013. С. 30–35.

13. Кулик М. І., Рій О. В., Крайсвітній П. А. Насіннева продуктивність проса лозовидного (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Вісник Львівського національного аграрного університету*: Агрономія. Львів. Вип. №17, 2013. С. 37–42. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

14. Кулик М. І. Формування врожайності проса лозоподібного третього року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. № 3 (74), 2014. С. 50–55.

15. Кулик М. І. Вплив ширини міжряддя на формування врожайності

сортів проса прутіоподібного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2015. Вип. 3(78). С. 62–65.

16. Кулик М. І. Урожайність сортів проса прутіоподібного п'ятого року вегетації залежно від біометричних показників рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 1–2 (80-81), 2016. С. 30–35.

17. Кулик М. І., Пасічніченко О. М. Потенціал та економічна ефективність використання рослинних решток сільськогосподарських культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 3 (82), 2016. С. 37–40. (90 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

18. Кулик М. І. Динаміка урожайності та енергетичний потенціал фітомаси проса прутіоподібного за багаторічного циклу вирощування. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». Вип. 2 (31), 2016. С. 115–119.

19. Кулик М. І. Урожайність вегетативної надземної маси проса прутіоподібного залежно від застосування підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 1-2 (84-85), 2017. С. 13–17.

20. Кулик М. І., Рожко І. І. Вплив погодних умов вегетаційного періоду на елементи продуктивності та урожайність проса прутіоподібного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 4 (87), 2017. С. 12–14. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

21. 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. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

22. Кулик М. І., Рожко І. І. Урожайні властивості та посівні якості насіння проса прутіоподібного залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 2 (89), 2018. С. 78–84. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

23. Кулик М. І. Аналіз комплексного впливу агрозаходів на урожайність проса прутіоподібного в умовах центрального Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 3 (90), 2018. С. 74–86.

24. Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. І. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. Вип. № 102. С. 130–136. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

25. Кулик М. І., Рожко І. І. Закономірності формування урожайності насіння проса прутіоподібного в умовах Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 4 (91), 2018. С. 85–99. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

26. Кулик М. І., Галицька М. А., Самойлік М. С., Жорник І. І. Фіторемедіаційні аспекти використання енергетичних культур в умовах України. *Агрологія*. 2018. Вип. 1 (4). С. 373–381. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

**Публікації у виданнях, що входять в наукометричні бази:**

27. Кулик М. І. Енергетичний потенціал та економічна ефективність виробництва фітомаси світчграсу для біопалива. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 4. URL: [file:///C:/Users/aec/Downloads/Nd\\_2016\\_4\\_12.pdf](file:///C:/Users/aec/Downloads/Nd_2016_4_12.pdf)

28. Kulik M. Impact of seeding terms and row spacing on yield of switchgrass phytomass, biofuel and energy output. *Annals of Agrarian Science*, 2016. Vol. 14, Issue 4: 331–334.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151218871630104X>

29. Кулик М. І., Жорник І. І., Рожко І. І. Оптимізація навчального процесу на прикладі вивчення дисципліни «Енергетичні культури» спеціальності «Агрономія». *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка*. Серія : педагогічні науки. 2018. Вип. 1 (36). С. 131–139. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/1675> (90 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

30. Калініченко О. В., Кулик М. І. Економічна ефективність вирощування проса прутіподібного (світчграсу) в умовах Лісостепу України. *Економіка АПК*. 2018. Вип. 11. С. 19–28. URL: <http://eapk.org.ua/contents/2018/11/19> (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

31. Kulyk Maksym, Rozhko Iona, Kurylo Vasyly, et al. Impact of the soil and climate conditions on the formation of the crop yield and germinating power of the switchgrass (*Panicum virgatum* L.) seeds. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2018, Vol. 63(4): 101-105. URL: [http://www.pimr.poznan.pl/biul/2018\\_4\\_KRK.pdf](http://www.pimr.poznan.pl/biul/2018_4_KRK.pdf) (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

**Статті в виданнях інших держав:**

32. Elbersen H. W., Kulyk M., Poppens R., et al. Switchgrass Ukraine : overview of switchgrass research and guidelines Wageningen : Wageningen UR. *Food & Biobased Research*. 2013. 26 p. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

33. Кулик М., W. Elbersen, R. Poppens и др. Формирование фитомассы сортов проса прутьевидного как сырья для производства биотоплива. *Альтернативные источники сырья и топлива: сб. науч. тр. Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т химии новых материалов*. Минск: Белорусская наука, 2014. Вып. 1. С. 264–269. (40 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

34. Кулик М. И. Адаптивный потенциал проса прутьевидного в условиях Украины. *Вестник Курганской ГСХА*, 2015. №1 (13). С. 28–30.

35. Кулик М. И. Энергетические культуры для очищения почв от тяжелых

металлов и получения биотоплива. *Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства* : сборник науч. тр. / под ред. Н. В. Бышова. Вып. 12. Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. С. 364–367.

36. Antonina Kalinichenko, Pavlo Pisarenko, Maksym Kulyk. Algae in urban water bodies-control of growth and use as a biomass. *Journals E3S Web Conf.* Vol. 45, 2018. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500028> (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

**Статті в періодичних виданнях:**

37. Кулик М. І., Крайсвітній П. А., Рій О. В. Раціональне використання деградованих земель для вирощування енергетичних культур і виробництва біопалива. *Енергозбереження*. Вип. № 4, 2012. С. 12–13. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

38. Рій А. В., Кулик М. І., Крайсвітній П. А. Готовим квалифицированные кадры. *Енергозбереження*. Вип. № 5, 2013. С. 9. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

39. Кулик М. І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу другого-третього року вегетації. *«Агроном»*. Вип. № 4(46), 2014. С. 174–176.

40. Кулик М. Однажды посеяв, многократно соберем. *Зерно: Всеукраинский журнал современного агропромышленника*. 2014. № 3. С. 99–102.

41. Демин Д., Зудиков А., Кулик М. В поисках энергии. Новая технология выращивания мискантуса. *Зерно: Всеукраинский журнал современного агропромышленника*. 2017. № 2. С. 96–99. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

42. Кулик М. І., Юрченко С. О. Формування продуктивності інтродукованого в центральній частині України *Panicum virgatum* L. *Зб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції організмів»*. К.: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 2014. Т.14. С. 160–164. (90 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

**Навчальні посібники, довідники, словник, альбом:**

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

44. Кулик М. І., Калініченко О. В., Галицька М. А., Яснолоб І. О. Фітоенергетичні культури: навчальний посібник. Полтава, 2017. 150 с. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання посібника).

45. Кулик М. І. Довідник: ботаніко-біологічна характеристика, особливості вирощування та використання енергетичних культур. Частина перша: світчграс (просо лозоподібне). Полтава, 2014. 130 с.



46. Кулик М. І., Калініченко О. В. *Відновлювані джерела енергії із рослинної сировини : термінологічний словник*. Полтава, 2017. 60 с. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання словника).

47. Кулик М. І. *Енергетичні культури : альбом*. Полтава: Астроя, 2017. 38 с.

48. Кулик М. І., Дьомін Д. Г., Зудіков О. Б. *Агробіомаса та енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник*. Дніпро, 2017. 36 с. (80 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання довідника).

49. Кулик М. І., Курило В. Л. *Енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник*. Полтава: РВВ ПДАА, 2017. 74 с. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання довідника).

#### **Патенти на корисні моделі:**

50. Кулик М. І. Спосіб допосівної підготовки насіння проса лозоподібного (світчграсу): пат. UA99543. № заявки 2014 14002; заявл. 26.12.2014, опублік. 10.06.2015, Бюл. № 11.

51. Кулик М. І. Спосіб обліку врожайності фітомаси проса прутоподібного – світчграсу (*Panicum virgatum* L.): пат. UA109116; № заявки u2016 01814; заявл. 25.02.2016, опублік. 10.08.2016, Бюл. № 15.

52. Кулик М. І., Горб О. О., Юрченко С. О. Спосіб відбору вихідного матеріалу для селекції проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) : пат. UA109955, № заявки, опублік. 26.09.2016, Бюл. № 18. (70 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

53. Кулик М. І., Рожко І. І., Галицька М. А. Спосіб допосівної обробки насіння проса прутоподібного: пат. № 125096; № заявки u2017 12598; заявл. 18.12.2017, опублік. 25.04.2018, Бюл. № 8. (70 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, опис патенту).

#### **Авторські свідоцтва:**

54. А. с. № 65089 на науковий твір: Вплив біометричних показників рослин і умов вирощування на формування урожайності та енергетичний потенціал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в Україні, автор: М. І. Кулик (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 65089 від 26.04.2016).

55. А. с. № 76724 на науковий твір: Ботаніко-біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур, автори: М. І. Кулик, І. І. Рожко, М. А. Галицька (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76724 від 8.02.2018). (80 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукового твору).

#### **Тези доповідей та матеріали наукових конференцій:**

56. Кулик М. І. Врожайність фітомаси світчграсу другого року вегетації залежно від елементів структури врожаю. *Збірник тез доповідей професорсько-викладацького складу аграрно-інженерного інституту за підсумками наукової роботи 2012-2013 роки*. Полтава, ПДАА. 2013. С. 16–19.

57. Кулик М. І. Виробництво екологічного палива на основі рослинної сировини світчграсу. *Матеріали 2-ї всеукраїнській науково-практичній конференції: Роль науки у підвищенні ефективності АПК України*, 16–18 травня, Тернопіль, 2012. С. 82–84.

58. Кулик М. І. Формування кількісних показників світчграсу першого року вегетації залежно від умов вирощування. *Збірник тез доповідей конференції професорсько-викладацького складу аграрно-інженерного інституту за підсумками наукової роботи*. Випуск 1. Полтавська державна аграрна академія, Полтава, 2012. С. 93–95.

59. Рій О. В., Кулик М. І. Рослинна біомаса – джерело поновлюваної енергії. *Матеріали наукової конференції: Наукові дослідження молоді у вирішенні актуальних проблем аграрного сектору України*. Ніжин, 2012. С. 50–52. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

60. Кулик М. І. Біологічна активність ґрунту під посівом злакових культур. *Екологічні проблеми України та шляхи їх вирішення: тези доповідей державної науково-практичної конференції*. Біла Церква, 2013. С. 3.

61. Юрченко С. О., Кулик М. І. Оцінка вихідного матеріалу проса лозоподібного за елементами продуктивності. *Тези доповідей всеукраїнської наукової конференції молодих вчених: Інновації в сучасній селекції та генетиці сільськогосподарських культур*. Одеський СГІ–НЦНС, 28–30 жовтня 2014 р. С. 44–46. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

62. Кулик М. І. Динаміка відростання пагонів проса лозоподібного після відновлення весняної вегетації. *Тези Міжнародної науково-практичної конференції: Роль часу відновлення весняної вегетації в житті зимуючих рослин*, 14 січня 2014 р. Полтава: ФОП Корзун, 2014. С. 103–106.

63. Кулик М. І. Формування врожайності фітомаси проса лозоподібного третього року вегетації залежно від елементів структури врожаю. *Матеріали науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії*, 13–14 травня 2014 року. Ч. 2. Полтава : РВВ ПДАА, 2014. С. 31–32.

64. Кулик М. І. Вплив ширини міжрядь на врожайність сортів проса прутоподібного четвертого року вегетації. *Матеріали науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії* (м. Полтава, 13–14 травня 2015 року). Т. 2. Полтава: РВВ ПДАА, 2015. С. 26–28.

65. Кулик М. І. Науково-методичні складові навчальної дисципліни «Енергетичні культури» для поліпшення якості світи. *Матеріали 47-ї науково-методичної конференції викладачів і аспірантів: Науково-методичні засади системи забезпечення якості освітньої діяльності*, 15–16 березня 2016 року. Полтава: РВВ ПДАА, 2016. С. 45–47.

66. Кулик М. І. Динаміка урожайності фітомаси проса прутоподібного залежно від сорту. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії*

за підсумками науково-дослідної роботи в 2015 році. (м. Полтава, 18–19 травня 2016 року). Полтава : РВВ ПДАА, 2016. С. 42–43.

67. Тупиця А. М., Кулик М. І. Урожайний потенціал енергетичних культур для виробництва біопалива. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Екологічно безпечне, високопродуктивне використання ґрунту та застосування добрив* / Редкол.: В. П. Карпенко (відп. ред.) та ін. Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2017. С. 127–128. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

68. Кулик М. І., Рожко І. І., Погребняк В. Р. Динаміка росту і розвитку рослин та особливості формування урожайності енергетичних культур. Збірник статей тринадцятої всеукраїнської практично-пізнавальної конференції: *Наукова думка сучасності і майбутнього*. Дніпро, 2017. С. 62–66. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

69. Кулик М. І., Макаова Б. Є. Динаміка приросту фітомаси генотипів міскантусу. Матеріали V науково-практичної інтернет-конференції: *Проблеми і сучасність аграрної науки і продовольства* / Редкол.: М. Я. Шевніков та ін. Полтавська державна аграрна академія, 2017. С. 51–52. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

70. Кулик М. І., Кондратюк Р. О. Вплив агрозаходів на урожайність енергетичних культур. *Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації*: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. (Полтава, 29 квітня 2018). Полтава: ПДАА, 2018. С. 62–65. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

71. Кулик М. І. Потенціал урожайності енергетичних культур в умовах Лісостепу України. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2017 році*. (м. Полтава, 16–17 травня 2018 року). Полтава: РВВ ПДАА, 2018. С. 142–144.

72. Рожко І., Дьомін Д., Кулик М. Вивчення сортів проса прутоподібного вітчизняної та іноземної селекції за продуктивністю та схожістю насіння. *Генетика та селекція сільськогосподарських рослин – від молекули до сорту*: матеріали II Інтернет-конференції молодих вчених (м. Київ, 30 серпня 2018 р.). НААН, СГІ-ННЦ, М-во аграр. політики та прод. України, Укр. Ін-т експертизи сортів рослин. 2018. С. 23. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

73. Maksym Kulyk, Ronald Poppens, Loic Lerminiaux and Wolter Elbersen. Switchgrass for pellets production in Ukraine. First results. *Scientific works the 19th EU BC&E*. Berlin 2011:12. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

74. Loic Lerminiaux, Patrick de Jamblinne, Ronald Poppens, Maksim Kulyk and Wolter Elbersen. Sustainable production of biomass pellets from switchgrass, straw and reed in Ukraine. *Scientific works the 19th EU BC&E*. Berlin 2011: 14. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

75. Wolter Elbersen, Theo van der Sluis, Jan Peter Lesscher, Maksym Kulyk, Oleksii Rii, Nataliya Shokalo, Ronald Poppens, Petro Kraisvitnii, Loic Lerminiaux.

Harvesting and managing reed for sustainable bio-energy production in Ukraine. *Scientific works the Berlin Conference*. Germany, 6-10 June 2011. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

76. Кулик М. І., Elbersen Н. W., Крайсвітній П. А. Ботаніко-біологічні особливості проса лозовидного (*Panicum virgatum* L.). Матеріали міжнародної науково-практичної конференції: *Біоенергетика: вирощування енергетичних культур, виробництво та використання біопалива*, Київ, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, 25–26 жовтня 2011 р. С. 41–44.

77. Крайсвітній П. А., Рій О. В., Кулик М. І. Світчграс як енергоємна сировина для виробництва біопалива. Збірник наукових праць III міжнародної науково-практичної конференції: *Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави*, 2–4 квітня, Вінниця, 2012. С. 55–57. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

78. Кулик М. І. Ботанічні особливості та характеристика екотипів проса лозовидного. Матеріали восьмої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: *Простір і час сучасної науки*, 19–21 квітня, Київ, 2012. С. 6–7.

79. Крайсвітній П. А., Рій О. В., Кулик М. І. Формирования урожайности проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.), как сырья для производства биотоплива. *Альтернативные источники сырья и топлива: тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции «АИСТ 2013»*. Минск, 28–30 мая 2013 г. С. 90. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

80. Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності та посівні якості насіння проса лозовидного (*Panicum virgatum* L.). Тези Міжнародної науково-практичної конференції: *Конкурентоспроможне насіння – стабільний урожай*. Полтава, 30–31 січня 2013 р. С. 86–88.

81. Кулик М. І. Насіннева продуктивність проса лозовидного (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Селекція, генетика та насінництво сільськогосподарських культур: тези Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 50-річчю селекції рослин в ПДАА*. Полтава, ПДАА, 22–23 травня 2013 р. С. 26–28.

82. Кулик М. І. Вирощування енергетичних культур для забезпечення екологічної рівноваги в фітоценозах. *Формування стратегії науково-технічного, екологічного і соціально-економічного розвитку суспільства: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф.*, 5–6 груд. 2013 р., Терноп. держ. с.-г. дослід. станція [та ін.]. Тернопіль : Крок, 2013. С. 27–29.

83. Попов С. В., Кулик М. І. Особливості формування насінневої продуктивності проса лозоподібного (*Panicum virgatum* L.). Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів: *Інноваційні технології підвищення ефективності виробництва і зберігання сільськогосподарської продукції*. Харків: ХНАУ, 2013. С. 128–130. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

84. Кулик М. І., Юрченко С. О. Вплив умов вирощування на врожайність проса лозоподібного третього року вегетації. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених: *Перспективні напрями*

розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва. Тернопіль, Тернопільська ДСГДС, 18–19 вересня 2014 р. С. 53–55. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

85. Кулик М. И. Продуктивность и посевные качества семян проса прутьевидного второго и третьего года вегетации. Материалы IV Всеукраинской научно-практической конференции с международным участием: *Роль науки в повышении технологического уровня и эффективности АПК Украины*, 15–16 мая 2014 г. Тернополь. С. 95–97.

86. Макаова Б., Кулик М. Екологічність використання рослинної біомаси. Матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції: *Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва*. Тернопіль, Тернопільська ДСГДС, 16–17 жовтня 2014 р. С. 58–60. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

87. Макаова Б. Є., Кулик М. І. Шляхи використання біомаси. Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених: *Відновлювана енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК*, 16–17 жовтня 2014 р. Київ: НУБіП України. С. 19–20. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

88. Кулик М. І. Сортова специфіка формування насінневої продуктивності проса лозоподібного. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: *Особистість С.Ф. Третьякова в формуванні засад сучасного екологічного землеробства*, 13–14 травня 2014. Полтава. С. 61–62.

89. 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. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

90. Кулик М. І. Використання енергетичних культур для фіторе mediaції. *Розвиток АПК на засадах раціонального природокористування: екологічний, соціальний та економічний аспекти* : матеріали II Міжнарод. наук.-практ. конф. (Полтава, 28 травня 2015 р.). Полтава : ПДАА, 2015. С. 25–28.

91. Кулик М. І. Мінливість кількісних показників проса прутьоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сорту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті професора М.М. Чекаліна: *Генофонд рослин та його використання в сучасній селекції*, 22–23 квітня 2015 р. Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2015. С. 89–90.

92. Gorb Oleg, Kulyk Maksym. Prospects for scientific cooperation. 25 Years of Transformation Process in Central, South Eastern and Eastern European Countries: Experiences, Results and Further Needs. University Hohenheim, Stuttgart, June 1–3, 2015: 12–26. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

93. Кулик М., Іщенко Т., Недаєв І. Урожайність світчграсу залежно від сорту. *Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного*

*виробництва*: матеріали II міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 20–21 жовтня, 2015 р. Тернопіль: Крок, 2015. С. 27–28. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

94. Кулик М. И., Макаова Б. Э. Многолетние культуры для очищения почв от тяжелых металлов. Збірник праць Міжнародної наукової Інтернет-конференції: *Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи співпраці в рамках регіональних технологічних платформ*. (1–20 грудня 2015 р.). Запоріжжя: ЗНУ, 2015. Том 2. С. 386–391. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

95. Кулик М. І., Горб О. О. Посіви енергетичних культур як додаткове джерело органіки ґрунту. *Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. С. 430–431. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

96. Кулик М. І. Особливості добору вихідного матеріалу проса прутоподібного для селекції на продуктивність. *Професор С. Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний вчений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 18 листоп. 2016 р. / Нац. акад. аграр. наук України; Нац. наук. с.-г. б-ка НААН; Миронівський ін-т пшениці ім. В. М. Ремесла [та ін.]; уклад. В. А. Вергунов, О. А. Демидов, А. С. Білоцерківська, М. М. Давиденко; редкол.: В. А. Вергунов (голова). К., 2016. Ч. 1. С. 74–76.

97. Кулик М. І. Вплив підживлення на врожайність вегетативної надземної маси проса прутоподібного. *Інноваційні напрямки розвитку галузі рослинництва*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (Харків, 7–8 липня 2016 р.) НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків: НТМТ, 2016. С. 125–127.

98. Кулик М., Недаєв І. Особливості росту та розвитку рослин міскантусу. *Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва*: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. 20–21 жовтня 2016 р. Ч. 1. Тернопіль: Крок, 2016. С. 55–56. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

99. Макаова Б., Кулик М. Використання біопалива із місцевої сировини як дієвий механізм розвитку територіальних громад. *Стратегія збалансованого використання економічного, технологічного та ресурсного потенціалу країни*: зб. наук. праць II Міжнародної наук.-практ. конф. 1 червня 2016 р. (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль: Крок. С. 27–28. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

100. Кулик М. И. Трансформация малопродуктивных почв в сельхозугодия с помощью многолетних культур. Материалы Международной научно-практической конференции: *Продовольственная безопасность, импортозамещение и социально-экономические проблемы развития АПК*. Сибирский НИИ экономики сельского хозяйства Центра агробιοтехнологий, 9–10 июня 2016 г. С. 530–533.

101. Кулик М. І., Рожко І. І. Вивчення генотипів проса прутоподібного

(*Panicum virgatum* L.) за господарсько-корисними ознаками. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: Матеріали VI міжнародної наукової конференції / Редкол.: О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін. Умань, 2017. С. 146–148. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

102. Кулик М. І., Рожко І. І., Тупиця А. М. Агроекологічні особливості використання рослинної сировини для виробництва біопалива. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: *Хімія, екологія та освіта*. Полтава, 2017. С. 200–201. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

103. Кулик М. І., Горб О. О., Галицька М. А. Урожайність фітомаси енергетичних культур залежно від умов вирощування та біометричних показників рослин. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*, 23–24 жовтня 2017 р. Харків: ХНАУ, 2017. С. 206–209. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

104. Рожко І. І., Кулик М. І. Огляд селекційно-генетичної роботи з просом пруттоподібним за кордоном. *Сучасні виклики науки XXI століття: XVII Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція*. Вінниця, 23 лютого 2018 року. Ч. 3. С. 70–74. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

105. Кулик М., Сиплива Н., Рожко І. Основні завдання селекції енергетичних культур в умовах змін клімату. *Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 23 лютого 2018 р. Херсон: ІЗЗ НААН, 2018. С. 104–107. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

106. Проскура Надія, Онопрієнко Олександр, Кулик Максим. Енергетичний потенціал рослинних решток сільськогосподарських культур в умовах виробництва. Матеріали XXXIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 28 лютого 2018. Вип. 33. С. 503–504. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

107. Рожко Ілона, Кулик Максим. Еколого-економічні аспекти та перспективи вирощування проса пруттоподібного (світчграсу) в умовах України. Матеріали XXXV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 35. С. 567–569. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

108. Кулик М. І. Оптимізація живлення рослин за вирощування проса пруттоподібного в різновидових посівах. *Хімія, екологія та освіта* : Збірник наукових праць II Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Полтава, 15–16 травня 2018 року). Полтава, 2018. С. 180–184.

109. Рожко І. І., Кондратюк Р. О., Кулик М. І. Особливості формування

продуктивності енергетичних культур місцевого та інтродукованого матеріалу. *Селекційно-генетична наука і освіта* : матеріали VII міжнародної наукової конференції, 19–21 березня 2018 р. / редколегія: О. О. Непочатенко та ін. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2018. С. 215–218. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

110. Кулик М. І., Семенова Є. І. Вивчення особливостей формування продуктивності енергетичних культур за кількісними показниками рослин. *Сучасний рух науки: тези доп. III міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції*, 1–2 жовтня 2018 р. Дніпро, 2018. С. 337–342. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

111. Кулик М. І., Рожко І. І., Сиплива Н. О. Агроекологічні особливості формування урожайності насіння проса прутоподібного в умовах Лісостепу. Матеріали II міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*, м. Полтава, 28 листопада 2018 р. С. 200–201. (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

112. Maksym Kulyk, Iryna Zhornyk and Maryna Galytska. Plants for phytoremediation and biofuel production. *Applied Biotechnology in Mining: Proceedings of the International Conference (Dnipro, April 25-27, 2018)*. Dnipro: National Technical University «Dnipro Polytechnic», 2018: 49. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/152916> (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

113. Antonina Kalinichenko, Pavlo Pysarenko, Maksym Kulyk. Blue-green algae: environmental and energy aspects : VI International Conference of Science and Technology INFRAEKO 2018 : Modern cities, infrastructure and environment. Krakow, June 7–8, 2018: 46.

URL: <http://www.infraeko.prz.edu.pl/dopobrania/Program2018Optimized.pdf> (отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання тез).

#### **Науково-практичні і методичні рекомендації:**

114. Рій О., Крайсвітній П., Галицька М., Тео Вандер Слуїс, Кулик М., Поппенс Р., Елберсен В. Методика комплексного дослідження біорізноманіття водно-болотних угідь в контексті стандарту NTA8080, Полтава, 2012. 17 с. (30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-методичних рекомендацій).

115. Крайсвітній П., Рій О., Галицька М., Кулик М., Іванюк І. План дій по введенню альтернативного палива, модернізації котелень, створення енергосервісних компаній на основі стандарту NTA8080 на період з 2012 по 2016 рр., Полтава, 2012. 17 с. (30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій).

116. Крайсвітній П., Рій О., Кулик М., Галицька М., Іванюк І. Аналіз роботи із зацікавленими сторонами (стейкхолдерами) згідно стандарту NTA8080, Полтава, 2012. 21 с. (30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій).



117. Крайсвітній П., Рій О., Галицька М., Кулик М., Іванюк І. Шлях розвитку біоенергетики в Україні (на прикладі досвіду Євросоюзу та стандарту NTA8080), Полтава, 2012. 15 с. *(30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

118. Кулик М. І. Використання деградованих земель для вирощування енергетичних культур і виробництва біопалива: науково-практичні рекомендації. Полтава: Полтавська ДАА, 2015. 16 с.

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

120. Писаренко П. В., Горб О. О., Кулик М. І., та ін. Науково-практичні рекомендації до вирощування енергетичних культур та використання фітомаси. Полтава, 2017. 34 с. *(60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

121. Горб О. О., Кулик М. І., Калініченко О. В., Калініченко В. М., Галицька М. А., Яснолоб І. О. Науково-практичні рекомендації: Агроекологічне обґрунтування використання доступного потенціалу рослинних решток сільськогосподарських та фітомаси енергетичних культур. Полтава, 2017. 40 с. *(30 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

122. Писаренко П. В., Горб О. О., Калініченко В. М., Кулик М. І. Аналітичний звіт щодо стану впровадження відновлюваних джерел енергії в Україні та діяльності організацій, інституцій, підприємств та фірм пов'язаних з цією діяльністю. Полтава, 2017. 162 с. *(40 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

123. Кулик М. І., Галицька М. А., Дьомін Д. Г. Агробіомаса та енергетичні культури для виробництва біопалива: науково-практичні рекомендації. – Дніпро, 2018. 36 с. *(60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

124. Кулик М. І., Галицька М. А. Алгоритм обрахунку доступного потенціалу агробіомаси та фітомаси енергетичних культур для виробництва біопалива : науково-методичні рекомендації. Полтава, 2018. 32 с. *(60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-методичних рекомендацій)*.

125. Калініченко В. М., Кулик М. І., Галицька М. А. Енергетична ефективність використання ВДЕ у Лісостепу України : науково-практичні рекомендації. Полтава, 2018. 60 с. *(60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання науково-практичних рекомендацій)*.

#### **Наукові методики:**

126. Кулик Максим, Wolter Elbersen. Методика допосівної підготовки насіння проса лозовидного (*Panicum virgatum L.*). Полтава, 2012. 3 с. *(60 %*

авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукової методики).

127. Kulyk M., W. Elbersen. Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine. Poltava, 2012. 10 p. (60 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукової методики).

128. Писаренко П., Кулик М., Wolter Elbersen, Крайсвітній П., Рій О. Методичні рекомендації по технології вирощування енергетичних культур (світчґрасу) в умовах України відповідно до стандарту NTA8080, Полтава, 2012. 40 с. (40 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукової методики).

129. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутіподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава: РВВ ПДАА, 2017. 24 с. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукової методики).

130. Галицька М. А., Кулик М. І., Калініченко О. В. Методологія енергоконверсії біопалива. Полтава, 2018. 40 с. (50 % авторства, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання наукової методики).

## АНОТАЦІЯ

**Кулик М.І. Агроекологічне обґрунтування вирощування проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах Лісостепу України. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.01.09 – «Рослинництво» (201 – Агрономія). – Полтавська державна аграрна академія МОН України, м. Полтава. – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, м. Харків, 2019.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення важливої наукової проблеми – підвищення врожайності проса прутіподібного як рослинної сировини для виробництва енергоємного біопалива. Наводяться особливості формування врожайності проса прутіподібного за елементами структури врожаю, сортовим складом та умовами вирощування культури. Обґрунтовується доцільність біологізації технології вирощування проса прутіподібного, що забезпечить: зменшення екологічного навантаження на навколишнє природне середовище, формування оптимальної структури фітоценозів, високі показники економічної ефективності та отримання стабільної урожайності культури.

Встановлені оптимальні параметри елементів структури врожаю проса прутіподібного та їх взаємозв'язки, що дає можливість регулювати застосування агрозаходів, спрямованих на поліпшення умов росту і розвитку рослин та підвищення врожайності культури, які можуть бути використані для часткового зменшення несприятливого впливу погодних умов на продуктивність фітоценозів. Розроблено наукову методику обліку біологічного

та фактичного врожаю з використанням оптимальних значень елементів структури, що збільшують доступний потенціал біомаси проса прутюподібного.

Визначено параметри основних агрозаходів та розроблена оптимізована технологія вирощування проса прутюподібного, яка забезпечує одержання урожайності за сухою масою до 15,0 і більше т/га за різних метеорологічних умов, що дозволяє зменшити виробничі витрати на вирощування культури та підвищити рентабельність виробництва біомаси.

Сумісне вирощування проса прутюподібного із бобовим компонентом (люпином), в оптимізованій технології вирощування культури, сприяє застосуванню менших норм внесення азотних добрив за підживлення посівів, що знижує екологічне навантаження на ґрунти, забезпечує підвищення рентабельності та дозволяє збільшити коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва біомаси.

З урахуванням потенціалу рослин проса прутюподібного до фітостабілізації важких металів, що запобігають подальшій міграції поллютантів у ґрунтові води або повітря можливо вирощувати культуру на забруднених землях важкими металами для фітореємедіації ґрунтів.

*Ключові слова:* просо прутюподібне (світчграс), погодні умови, технологія вирощування, урожайність, біомаса, оптимізація виробництва, ефективність, рослинництво.

## АННОТАЦІЯ

**Кулик М.И. Агроэкологическое обоснование выращивания проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) в условиях Лесостепи Украины. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – «Растениеводство» (201 – Агрономія). – Полтавская государственная аграрная академия МОН Украины, г. Полтава. – Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины, г. Харьков, 2019.

В диссертационной работе приведены теоретическое обоснование и новое решение важной научной проблемы – повышение урожайности проса прутьевидного как растительного сырья для производства энергоемкого биотоплива. Приводятся особенности формирования урожайности проса прутьевидного с учетом элементов структуры урожая, сортового состава и условий выращивания культуры. Обосновывается целесообразность биологизации технологии выращивания проса прутьевидного, что обеспечит: уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду, формирование оптимальной структуры фитоценозов, высокие показатели экономической эффективности и получения стабильной урожайности культуры.

Установлены оптимальные параметры элементов структуры урожая проса прутьевидного и их взаимосвязи, что позволяет регулировать применение агромероприятий, направленных на улучшение условий роста и развития растений и повышения урожайности культуры, которые могут быть использованы для частичного уменьшения неблагоприятного влияния погодных условий на продуктивность фитоценозов. Разработана научная

методика учета биологического и фактического урожая с использованием оптимальных значений элементов структуры, что увеличивает доступный потенциал биомассы проса прутьевидного.

Определены параметры основных агромероприятий и разработана оптимизированная технология выращивания проса прутьевидного, которая обеспечивает получение урожайности за сухой массой до 15,0 и более т/га при различных метеорологических условиях, что позволяет уменьшить производственные затраты на выращивание культуры и повысить рентабельность производства биомассы.

Совместное выращивание проса прутьевидного с бобовым компонентом (люпином) в оптимизированной технологии выращивания культуры, способствует применению меньших норм внесения азотных удобрений для подкормки посевов, что снижает экологическую нагрузку на почвы, обеспечивает повышение рентабельности и позволяет увеличить коэффициент энергетической эффективности производства биомассы.

С учетом потенциала растений проса прутьевидного к фитостабилизации тяжелых металлов, уменьшению дальнейшей миграции поллютантов в грунтовые воды или воздух можно выращивать культуру на загрязненных землях тяжелыми металлами для фиторемедиации почв.

*Ключевые слова:* просо прутьевидное (свитчграсс), погодные условия, технология выращивания, урожайность, биомасса, оптимизации производства, эффективность, растениеводство.

## ANNOTATION

**Kulyk M.I. Agroecological substantiation of switchgrass cultivation (*Panicum virgatum L.*) in conditions of Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.**

Dissertation for the Doctor's degree in Agricultural Sciences with major in subject 06.01.09 – Plant Production (201 – Agronomy). – Poltava State Agrarian Academy, Ministry of Education and Science of Ukraine, Poltava. – Plant Production Institute named after V. Ya. Yuryev of NAAS of Ukraine, Kharkiv, 2019.

According to the research results of domestic and foreign scientists on the botanical and biological characteristics and introduction of energy crops, the current state of bioenergetics development has been analyzed. The analysis of existing elements of switchgrass cultivation technologies and their advantages and drawbacks have been provided.

It has been determined that the introduction of alternative energy sources from plant raw materials of energy crops is an urgent issue in conditions of Forest-Steppe of Ukraine. Switchgrass (*Panicum virgatum L.*) is the most promising energy crop adapted to growing conditions and its biomass is used as a raw material for the production of biofuels.

The introduction of switchgrass, the study of its botanical, biological and adaptive characteristics, the development of individual elements and optimized cultivation technology, as well as its implementation in large-scale production, will reduce the energy dependence of Ukraine on the import of non-renewable energy

sources and improve the welfare of rural population. That is why, the researches covered in the dissertation are relevant and of high priority.

The dissertation provides theoretical substantiation and a new solution to an important scientific problem – the increase of switchgrass yield as a plant raw material for the production of energy intensive biofuel. The peculiarities of formation of switchgrass yield according to the elements of the yield structure, varietal composition and conditions of crop cultivation have been determined. The expediency of biologization of the switchgrass cultivation technology, which will ensure the reduction of ecological burden on the environment, formation of the optimal phytocenoses structure, high indices of economic efficiency and obtaining stable crop yields, has been justified.

The optimal parameters of the yield structure elements and their correlations have been established. This allows to regulate the application of agricultural measures aimed at improving the conditions of plant growth and development and increasing the crop yield that can be used in order to partially reduce the adverse effects of weather conditions on the phytocenoses productivity. The agricultural practices concerning pre-sowing seed treatment, which reduce the weight seeding rates, have been improved. The scientific methodology for measuring biological and actual crop yields according to dry biomass using optimal values of the structural elements used to model and design computer programs for calculating the available potential of switchgrass biomass has been developed.

The parameters of the main agricultural measures have been determined and optimized technology of switchgrass cultivation, which provides yields of dry biomass up to 15.0 and more t/ha in different meteorological conditions that allows to reduce the production costs of crop cultivation and increase the profitability of biomass production has been developed.

The mutual cultivation of switchgrass with legume component, in the optimized cultivation technology, contributes to the application of lower rates of nitrogen fertilizers that reduces the ecological burden on soils, increases profitability as well as the energy efficiency of switchgrass biomass production.

The application of the optimized, scientifically grounded, technology of switchgrass cultivation in conditions of Forest-Steppe has allowed to find the ways to increase vegetative aboveground mass productivity on the basis of specification of the main agricultural practices parameters, taking into account the selection of varieties and biological peculiarities of plants.

Taking into account the potential of switchgrass plants for the phytostabilization of heavy metals that prevent the further migration of pollutants in groundwater or air, it is possible to grow the crop on lands contaminated with heavy metals for soil phytoremediation purposes.

*Key words:* switchgrass, weather conditions, technology of cultivation, yield, biomass, optimization of production, efficiency, plant production.

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 3,4. Тир. 100 прим. Зам. № 030519/1.  
Підписано до друку 3.05.2019. Папір офсетний.

Надруковано з макету замовника у ФОП Смірнов А.Л.  
Адреса: 36000, м. Полтава, вул. Половки, 93, кв. 150. Тел.: (+38) 097 319-10-24  
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи  
серія ДК № 5117 від 07.06.2016 р.