

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

РИТЧЕНКО Андрій Вікторович

УДК 633.179:[631.53.01:006.015.5]:631.5/.559(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВПЛИВ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА
ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки і продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.


_____ А. В. Ритченко

Науковий керівник: **Кулик Максим Іванович**
доктор сільськогосподарських наук, професор

Полтава 2026

АНОТАЦІЯ

Ритченко А. В. Вплив умов вирощування на врожайні властивості та посівні якості насіння проса прутоподібного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агронімія (галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство). – Полтавський державний аграрний університет Міністерства освіти і науки України. Полтава, 2026.

У дисертаційній роботі представлено вирішення важливого наукового завдання – підвищення врожайності та якості насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) – світчграсу за вивчення іноземних та українських сортозразків з урахуванням їх адаптивних властивостей та реакції на погодні умови й удосконалення елементів агротехнології вирощування насінників. Адже на даний час агровиробництво потребує значної кількості якісного насіння енергетичних культур, в т.ч. і світчграсу для закладки нових площ енергопосівів та отримання щорічного врожаю фітомаси – рослинної сировини для виготовлення біопалив. Що, в свою чергу, сприятиме сталому розвитку територіальних громад та зниження енергозалежності нашої країни від непоновлюваних джерел енергії. У зв'язку з чим, тема дисертаційної роботи має актуальне та практичне значення.

За вивчення впливу екотипічних властивостей на формування врожайності та якості насіння сортів проса прутоподібного встановлено, що більш високу стійкість до умов вирощування за посухо- та морозостійкістю, а також подовжену тривалість вегетації мають сортозразки проса прутоподібного височинного екотипу (Cave-in-Rock, Forestburg, Зоряне, Лядовське, Морозко) у порівнянні з низовинним. Визначено, що височинні екотипи, як за індивідуальною продуктивністю рослини, так і за врожайністю насіння переважають низовинні (Канлоу, Аламо та Пангбурн). Височинні сорти проса прутоподібного, порівняно із низовинними формують суттєво більший загальний врожай насіння (0,62 т/га) на противагу низовинним –

0,46 т/га. Середня врожайність схожого насіння за роки дослідження відповідно за екотипами становила 0,33 і 0,24 т/га. На ці показники мають вплив погодні умови вегетації насінних рослин періоду формування і наливу насінини (зернівки) за роки дослідження: більш посушливі етапи знижують врожайність та вихід схожого насіння, порівняно з оптимальними та помірнозволоженими. Поряд із погодними умовами, сортові властивості мають значний вплив на вихід схожого насіння проса прутоподібного. Цей показник за сортозразками проса прутоподібного мав значне варіювання й змінювався – від 0,18 до 0,42 т/га з найбільшим значенням у сортів височинного екотипу: Зоряне, Морозко та Лядовське, Cave-in-Rock, Shelter, Carthage й Forestburg (від 0,35 до 0,42 т/га). Доказову вищу енергію проростання (від 45,2 до 46,0 %) й лабораторну схожість насіння (від 47,1 до 49,5 %) забезпечують сорти проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно з низовинними сортами.

За вивчення впливу сортових властивостей, агротехнології та погодних умов на формування врожайності та якості насіння проса прутоподібного експериментальним шляхом доведено, що на збільшення врожайності насіння суттєвий вплив має культивування сортів у насінневих посівах за оптимізованої технології вирощування. Ця технологія поєднує: весняну сівбу культури визначеною нормою висіву насіння (для сорту Зоряне – 5,7 кг/га, для сорту Cave-in-Rock – 7,6 кг/га, для сорту Морозко – 7,9 кг/га) широкорядним способом (для усіх сортів – міжряддя 60 см) та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N₄₅) на фоні основного удобрення (PK)₆₀. При цьому обґрунтовано, що оптимізація елементів агротехнології вирощування рослин проса прутоподібного дозволяє поліпшити врожайні властивості насіння у сорту Зоряне на 0,05 т/га (від 0,77 до 0,82 т/га), сорту Cave-in-Rock – на 0,12 т/га (від 0,62 до 0,74 т/га), сорту Морозко – на 0,08 т/га (від 0,38 до 0,46 т/га). Що підтверджено сильним кореляційним зв'язком між врожайністю насіння та: масою насіння з волоті, масою насіння з усієї рослини й лабораторною схожістю насіння ($r > 0.7$) та

середньою кореляцією – з кількістю волотей на рослині ($r = 0.31-0.69$), а також з посівними якостями насіння ($r = 0.50-0.78$). Встановлено поліпшення посівних якостей насіння (енергії проростання та лабораторної схожості) за оптимізовано технології вирощування: для сорту Зоряне відповідно показників: $44,5 \pm 0,7$ % і $51,3 \pm 0,7$ %; Cave-in-Rock: $44,1 \pm 0,6$ % і $49,2 \pm 0,4$ %; та сорту Морозко – $37,1 \pm 0,3$ % і $42,3 \pm 0,4$ %.

За визначення впливу підживлення посівів на врожайність та якість насіння проса прутноподібного обґрунтовано, що застосування весняного позакореневого підживлення рослин 60-ти % розчином хелатного препарату 'Kristalon Special' дозволяє суттєво збільшити біометричні показники генеративної частини рослин сорту Зоряне (довжину прапорцевого листка, довжину волоті та кількість волотей на рослину), загальну врожайність (на $0,048$ г/рослину), вихід схожого насіння (до рівня $62,3$ %) та поліпшити посівні якості насіння. Визначено, що насіннева продуктивність проса прутноподібного знаходиться у тісній прямолінійній кореляційній залежності з біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнтів кореляції $r > 0,71$. Врожайність насіння має кореляцію з посівними якостями насіння проса прутноподібного.

При розрахунках ефективності елементів удосконаленої технології вирощування сортів проса прутноподібного на насіння доведено висока результативність вирощування насіння височинних сортів (за рівнем рентабельності більше $100,0$ %) та збільшений коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) – на рівні, або більше $2,1$ (сорта зарубіжні: Carthage, Shelter, Cave-in-Rock, Forestburg, сорти української селекції: Зоряне, Лядівське та Морозко). Визначено, що при застосуванні удосконалених елементів технології вирощування насінників культури (широкорядний спосіб сівби за міжряддя 60 см за норми висіву насіння залежно від сорту в межах – $5,7-7,9$ кг/га, та весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N_{45}) у поєднанні з позакореневим підживленням рослин у фазу весняного кушіння 60-ти % розчином препарату 'Kristalon

'Special' досягається рентабельність виробництва насіння потомства для трьох сортів а – до 274,3 %, отримано збільшений коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) – на рівні 3,8 (для отриманого потомства).

Таким чином, для розширення сортового різноманіття та отримання високої врожайності якісного насіння проса прутоподібного на рівні, або більше 0,62 т/га в умовах центрального Лісостепу України рекомендовано:

- як вихідний матеріал для селекції на продуктивність використовувати іноземні сортозразки: Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg, що формують врожайність насіння від 719,0 до 735,0 кг/га;

- вирощувати сорти височинного екотипу української селекції: Зоряне, Лядівське та Морозко, а також сортозразки іноземного походження – Cave-in-Rock, Shelter і Forestburg;

- для удосконалення елементів агротехнології насіннєві посіви закладати широкорядним способом (для усіх сортів – міжряддя 60 см) за визначеної нормою висіву насіння (для сорту Зоряне – 5,7 кг/га, для сорту Морозко – 7,9 кг/га), та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N_{45}) на фоні основного удобрення (PK)₆₀. Цей комплекс агрозаходів дозволить отримати збільшення врожайності насіння до 0,46...0,82 т/га;

- застосувати щорічне весняне позакореневе підживлення насінних рослин проса прутоподібного 60-ти % розчином препарату 'Kristalon Special', що дозволяє суттєво збільшити біометричні показники генеративної частини рослин, загальну врожайність (до 0,94 т/га) й вихід схожого насіння (до 67,8 %) та поліпшити посівні якості насіння: до 45,5-46,0 % енергії проростання та до 52,4-53,1 % лабораторної схожості насіння.

Ключові слова: світчграс (*Panicum virgatum L.*), сорт, умови вегетації, агротехнології, підживлення рослин, фітоценози, елементи структури врожаю, насіння, продуктивність, урожайність, якість насіння, чистота насіння, лабораторна схожість, маса 1000 насінин.

ABSTRACT

Rytchenko A. V. Influence of Growing Conditions on the Yield Properties and Sowing Qualities of Switchgrass Seed. – Qualification scientific work (Manuscript).

Dissertation for the scientific degree of Doctor of Philosophy by the specialty 201 Agronomy (field of knowledge 20 Agricultural Sciences and Food). – Poltava State Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Poltava, 2025.

The dissertation addresses an important scientific problem – enhancing yield and seed quality of switchgrass (*Panicum virgatum L.*) through the study of foreign and Ukrainian varieties, considering account their adaptive properties and response to weather conditions and improving the elements of agricultural technology for seed production. Currently, agricultural production is facing a growing demand for high-quality seeds of energy crops, particularly switchgrass, in order to establish new energy plantations and to secure a consistent annual harvest of phytomaass as a renewable raw material for biofuel production. Such outcomes will, in turn, foster the sustainable development of local communities and reduce our country's energy dependence on non-renewable energy sources. Accordingly, the theme of this dissertation is both highly relevant and practically significant.

The study of ecotype traits affecting switchgrass seed yield formation and seed quality revealed that the varieties of upland ecotype (Cave-in-Rock, Forestburg, Zoriane, Liadivske, Morozko) possess greater tolerance to environmental stresses, particularly drought and frost resistance, as well as a longer growing season, compared to lowland ecotypes. The results showed that upland ecotypes exhibited superior performance in both individual plant productivity and seed yield compared to lowland ones (Kanlow, Alamo, and Pangburn). Upland varieties produced a significantly higher total seed yield (0.62 t/ha) compared to the 0.46 t/ha recorded for lowland ecotypes. Over the years of investigation, the average yield of germinated seeds was 0.33 t/ha for upland and 0.24 t/ha for lowland ecotypes. These parameters were strongly influenced by moisture availability during the seed formation and grain filling stages. Periods of drought significantly reduced seed

yield and germination potential compared to optimal and moderately moist conditions. Beyond environmental factors, variety characteristics also played a critical role in determining germinated seed output. Considerable variation was recorded among switchgrass varieties, ranging from 0.18 to 0.42 t/ha, with the highest yields achieved by upland ecotype varieties: Zoriane, Morozko, and Liadivske, as well as Cave-in-Rock, Shelter, Carthage, and Forestburg (0.35–0.42 t/ha).

Experimental study of variety characteristics, agricultural technology and weather conditions affecting switchgrass seed yield and seed quality confirmed that the use of optimized cultivation practices significantly enhanced seed yields. The optimized system included spring sowing at the specified seeding rates (Zoriane – 5.7 kg/ha, Cave-in-Rock – 7.6 kg/ha, and Morozko – 7.9 kg/ha) using a wide-row method (60 cm spacing for all varieties) and the application of spring nitrogen fertilisation of plants with a calculated dose of nitrogen fertilisers (N_{45}) against the background of basic fertilisation (PK)₆₀. The study confirmed that optimization of agronomic practices for mother switchgrass plants significantly improved seed yield performance, increasing yields by 0.05 t/ha for variety Zoriane (from 0.77 to 0.82 t/ha), by 0.12 t/ha for variety Cave-in-Rock (from 0.62 to 0.74 t/ha), and by 0.08 t/ha for variety Morozko (from 0.38 to 0.46 t/ha). These improvements were validated by strong correlation between seed yield and seed weight per panicle, seed weight per plant, and laboratory germination ($r > 0.7$), as well as moderate correlations with the number of panicles per plant ($r = 0.31–0.69$), and also with seed quality ($r = 0.50–0.78$). Proven higher germination energy (from 45.2 to 46.0 %) and laboratory seed germination (from 47.1 to 49.5 %) are provided by upland ecotype varieties switchgrass, compared to lowland varieties.

In the course of determining the influence of fertilization on the yield and seed quality of switchgrass, it was proven that the use of spring foliar fertilization with a 60% solution of the chelated preparation Kristalon Special provides a substantial increase in the biometric parameters of the generative part of the variety Zoriane plants (including flag leaf length, panicle length, and the number of panicles per

plant), as well as in the overall yield (by 0.048 g per plant). Moreover, a considerable improvement was observed in the proportion of germinated seeds (reaching 62.3%) and in the sowing qualities of the obtained seeds. The conducted analysis revealed that seed productivity is in a strong direct linear correlation with the biometric parameters of the generative organs of plants, with correlation coefficients exceeding $r = 0.71$. Seed yield was found to correlate with the sowing qualities of switchgrass seed. Established that sowing seed quality is increasing (germination energy and laboratory germination) was established with optimized growing technologies switchgrass: for the Zoryan variety, respectively, the indicators: 44.5 ± 0.7 % and 51.3 ± 0.7 %; Cave-in-rock 44.1 ± 0.6 % and 49.2 ± 0.4 %; and for the Morozko variety – 37.1 ± 0.3 % and 42.3 ± 0.4 %.

In the process of calculating the efficiency of the improved technology elements for switchgrass cultivation for seed production, it was substantiated that the cultivation of tall varieties is highly effective, as evidenced by profitability levels exceeding 100.0 %. In addition, the analysis indicated an increased coefficient of energy efficiency (CEE), which reached or surpassed the value of 2.1. These findings were confirmed both for foreign varieties (Carthage, Shelter, Cave-in-Rock, and Forestburg) and for varieties of Ukrainian origin (Zoriane, Liadivske, and Morozko). It was determined that under the application of improved elements of the cultivation technology for seed plants – namely, wide-row sowing with an inter-row spacing of 60 cm and variety-dependent seeding rates ranging from 5.7 to 7.9 kg/ha, spring nitrogen fertilization with a calculated dose of N_{45} applied to thawing soil, and foliar application of a 60% solution of Kristalon Special at the spring tillering stage – the profitability of seed production was found to reach 176.3 % for mother plants and up to 274.3 % for offspring plants. Furthermore, an increase in the coefficient of energy efficiency (CEE) was recorded, amounting to 2.9 for mother plants and 3.8 for switchgrass offspring.

Thus, in order to expand the varietal diversity and to achieve high seed yields of switchgrass (at the level of, or exceeding, 0.62 t/ha) in the Central Forest-Steppe of Ukraine, it is recommended to:

–as a starting material for breeding for productivity, use foreign varieties: Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg, which form seed yields from 719.0 to 735.0 kg/ha;

– grow varieties of the upland ecotype of Ukrainian breeding such as Zoriane, Liadivske, and Morozko, as well as varieties of foreign origin, namely Cave-in-Rock, Shelter, and Forestburg;

–improve seed production technology by establishing wide-row sowings (row spacing of 60 cm for all varieties) with seeding rates specified for each (Zoriane – 5.7 kg/ha, Morozko – 7.9 kg/ha), combined with spring nitrogen fertilization (N₄₅) against the background of basic fertilisation (PK)₆₀. This complex of agronomic measures makes it possible to raise seed yields to 0.46–0.82 t/ha;

– enhance seed production by applying annual foliar fertilization of seed stands with a 60% solution of Kristalon Special combined with the improved cultivation practices, which significantly increases seed productivity (0.94 т/га), seed purity (45.5–46.0 %), and germination capacity (52.4–53.1 %).

Keywords: switchgrass (*Panicum virgatum* L.), varieties, vegetation conditions, cultivation technology, plant nutrition, phytocenoses, yield structure elements, seeds, productivity, seed yield, seed quality, seed purity, laboratory germination, 1000-seed weight.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

Публікації у закордонних наукових виданнях які внесені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science

1. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum L. and Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1) : 199764 DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/199764> (30 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Публікації у наукових фахових виданнях України

2. Кулик М. І., Білявська Л. Г., Рожко І. І., Ритченко А. В. Урожайні властивості насіння сортів проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 16. С.117–125. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.18> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

3. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Вплив екотипічних властивостей сортів на врожайність насіння проса прутоподібного. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2023. Вип. 53(3). С. 70–78. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.10> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

4. Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насінневих посівів проса прутоподібного. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 27–35. [doi:10.31210/spi2024.27.02.5](https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.5) (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

5. Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 28 (1). С. 55–62. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.10> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

6. Ритченко А. В., Калініченко О. В., Кулик М. І. Ефективність та логістика виробництва насіння проса прутіподібного залежно від елементів агротехнології. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339554> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

Матеріали й тези доповідей на конференціях

7. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування врожайності світчграсу залежно від умов вирощування. *Другі Сазановські читання : Іван Овсінський і його «Нова система землеробства»*. Матеріали круглого столу присвяченого піонеру агродослідництва Івану Євгеновичу Овсінському, м. Полтава, 27 жовтня 2021 р. Полтава : Астроя, 2022. С. 53–55. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.6381706>

8. Кулик М. І., Ритченко А. В. Енергетичні культури: перспективи виробництва біомаси. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели* (м. Полтава, 30 вересня 2022 р.). Полтава : ПДАУ, 2022. С. 96–98. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/40a71d7a-d2d1-4c42-81bc-c8c7d25a49a6/content>

9. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підвищення врожайних властивостей насіння проса прутіподібного залежно від умов вирощування. *Development of Education, Science and Business: Results 2022: Proceedings of the International*

Scientific and Practical Internet Conference, December 22-23, 2022. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 30–31. URL: <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2022/12/Conference-Proceedings-December-22-23-2022.pdf>

10. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Врожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування материнських рослин. *Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції / ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»*; укладачі: Мацай Н. Ю., та ін. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2022. С. 126–130. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6a341ecf-9bcd-4461-a680-cdf87a0529da/content>

11. Ритченко А. В., Кулик М. І. Особливості формування врожайних властивостей насіння сортів світчграсу. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of science»*, January 16–17, 2023, Prague, Czech Republic by the «InterSci». PP. 6–7. URL: <https://intersci.eu/wp-content/uploads/2023/01/Theoretical-and-practical-aspects-of-science.pdf>

12. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Потенціал адаптивності та продуктивності сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). *Матеріали XI міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів: Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*. с. Центральне, 21 квітня 2023. С. 109. URL: https://sops.gov.ua/uploads/news/2023-05-09_RMV/2023-05-09_RMV.pdf

13. Рожко І. І., Ритченко А. В. Вивчення сортових ресурсів проса прутоподібного як вихідного матеріалу для селекції. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики / Редкол.: М. М. Маренич (відп. ред.) та ін. (15 травня 2023 р.).* Полтава: ПДАУ, 2023. С.

109–111. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d67093d5-00db-4df4-880d-1214b3eb796b/content>

14. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підбір сортів проса прутоподібного (світчграсу) для отримання якісного насіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції* (11–13 жовтня 2023 р.). Умань, 2023. С. 148–150. URL: <https://genetics.udau.edu.ua/assets/files/01.01.2021-2022-konferen-parievi-chitannya/genetika-i-seleksiya-2021-zbirnik-tez.pdf>

15. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності проса прутоподібного. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*. 14–15 травня 2024 р. м. Полтава, 2024. С. 64–66. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/75fd7131-3441-4bf5-aeed-f8dab01200dc/content>

16. Ритченко А. В., Кулик М. І. Вплив підживлення посівів на насінневу продуктивність проса прутоподібного. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу Полтавського державного аграрного університету за підсумками науковопрактичних досліджень в 2023 році* (м. Полтава, 14–15 травня 2024 року). Полтава: РВВ ПДАУ, 2024. С. 91–94. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9ebaeeab-fe14-4a57-9880-d3f27b144991/content>

17. Ритченко А. В., Кулик М. І. Урожайність та якість насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Сучасні технології агропромислового виробництва: матеріали III Міжн. науково-практичної конференції* (14-15 листопада 2024). Кропивницький: ЦНТУ. 2024 С. 30–31. URL: https://drive.google.com/file/d/1gcYTp7uhG5is_eT8OL5e0V7qPBNopc-S/view

18. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Насіннева врожайність проса прутоподібного залежно від підживлення насінневих посівів. *Інтеграція знань та інновацій у розвитку науки, освіти і суспільства: мультидисциплінарний*

підхід до вирішення сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 29 березня 2025 р.): у 2 ч. Рівне: ЦФЕНД, 2025. Ч. 2. С. 28–31. URL: <https://www.economics.in.ua/2025/03/29-2.html>

Розділ колективної монографії:

19. Rytchenko A., Rozhko I., Kulyk M. Features of the use of energy crops in the conditions of Ukraine. *MODERN ASPECTS OF SCIENCE : XXV volume of the international collective monograph*. Czech Republic, 2022. P. 464–493. URL: <http://perspectives.pp.ua/public/site/mono/mono-25.pdf> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Патенти на корисну модель:

20. Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В., Падалка В. В., Іванов О. М. Спосіб вирощування насінневого матеріалу проса прутоподібного: патент на корисну модель власник Полтавський державний аграрний університет: № UA160934, МПК (2025.01), А01Н 4/00. 22.10.2025, Бюл. № 43. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/823/patent160934.pdf>

21. Кулик М. І., Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Падалка В. В., Калініченко О. В., Ритченко А. В., Іванов О. М. Спосіб збільшення врожайності схожого насіння проса прутоподібного: патент на корисну модель, власник Полтавський державний аграрний університет: № UA161414, МПК (2025.01), А01G 22/00. 3.12.2025, Бюл. № 49. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/5884/rozhkopatent05122025.pdf>

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ СОРТУ, УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ ТА НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО (огляд літератури)	26
1.1. Вплив сортових властивостей на врожайність біомаси проса прутоподібного	27
1.2. Вплив сортових властивостей на врожайність насіння проса прутоподібного	32
1.3. Вплив елементів технології вирощування на врожайність насіння проса прутоподібного	38
1.4. Вплив умов вирощування на якість насіння проса прутоподібного	40
Висновки до розділу 1	47
Публікації до розділу 1	47
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень	48
2.1.1. Ґрунтові умови	48
2.1.2. Кліматичні умови	50
2.2. Методика проведення досліджень	56
2.3. Характеристика сортозразків проса прутоподібного та препарату	62
Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ЕКОТИПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОРТІВ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО	66
3.1. Адаптивність рослин та тривалість вегетаційного періоду сортів проса прутоподібного залежно від екотипу	66
3.2. Вплив екотипічних властивостей на формування біометричних показників рослин проса прутоподібного	70
3.3. Урожайність та якість насіння сортів проса прутоподібного залежно від екотипічних властивостей	75
Висновки до розділу 3	81
Публікації до розділу 3	81
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ СОРТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА	82

ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ...

4.1. Урожайні властивості насіння потомства проса прутіоподібного залежно від умов вирощування потомства проса прутіоподібного	82
4.2. Посівні якості насіння потомства проса прутіоподібного залежно від умов вирощування	87
4.3. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю й якістю насіння проса прутіоподібного	90
Висновки до розділу 4	97
Публікації до розділу 4	98
РОЗДІЛ 5. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РЕГУЛЮВАННЯ ПІДЖИВЛЕННЯ НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ	99
5.1. Вплив підживлення посівів на мінливість елементів продуктивності проса прутіоподібного	99
5.2. Вплив підживлення на врожайність та якість насіння проса прутіоподібного	107
5.3. Кореляційні зв'язки між кількісними показниками генеративної частини рослин та насінневою продуктивністю проса прутіоподібного	117
Висновки до розділу 5	119
Публікації до розділу 5	120
РОЗДІЛ 6. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ, ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО	121
6.1. Економічна ефективність виробництва насіння сортів проса прутіоподібного з урахуванням удосконаленої технології вирощування	121
6.2. Енергетична ефективність виробництва насіння сортів проса прутіоподібного з урахуванням удосконаленої технології вирощування	126
Висновки до розділу 6	131
Публікації до розділу 6	131
ВИСНОВКИ	132
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА НАСІННИЦТВА	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	137
ДОДАТКИ	157

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГДж/га – гігаджоуль на один гектар

Гкал/га – гікакалорій на один гектар

ГТК – гідро-термічний коефіцієнт

ДСС – дослідно-селекційна станція

ДСТУ – державний стандарт України

ІБКіЦБ – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності

МС – метеостація

МТН – маса 1000 насінин

ННІ АСЕ – навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології

ПЕК – паливно-енергетичний комплекс

УкрІНТІ – Український інститут науково-технічної інформації

R – коефіцієнт апроксимації

r – коефіцієнт кореляції

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) – інтродукована, за біологією – багаторічна рослина з родини тонконогові, що має багатогранне використання. Біомаса цієї культури передусім застосовується як сировина для виготовлення біопалив, що використовуються для генерування тепла та виробництва електроенергії. Окрім цього, рослинну сировину проса прутоподібного використовують й для отримання продуктів з доданою вартістю: біопластик й папір, а також в тваринництві та будівництві.

Насьогодні є всі необхідні передумови на виконання програми розвитку біоенергетики в умовах Україна. Перш за все, ґрунтово-кліматичні умови, які сприяють отримання високого врожаю енергоємної фітомаси енергетичних культур. По-друге, застосування існуючих технологій вирощування енергетичних культур на маргінальних землях, удосконалення існуючих технології. По-третє, визначення шляхів належної переробки фітосировини та біопалива та використання в паливно-енергетичному комплексі. Що забезпечить підвищення частки біоенергетики в загальній структурі енергетики України. Водночас, нестача насіннєвого матеріалу енергетичних культур для закладки нових енергопосівів стримують вищезазначені процеси.

Враховуючи біопаливний напрям використання проса прутоподібного та необхідність закладки нових посівів якісним насінням, постає актуальна проблема вивчення впливу умов вирощування на врожайні властивості та посівні якості насіння цієї культури. Що дозволить отримувати якісне насіння для закладки нових товарних посівів проса прутоподібного й отримання щорічного обсягу фітомаси як сировини для біопалив. А це, в свою чергу сприятиме сталому розвитку територіальних громад та зниження енергозалежності нашої країни від непоновлюваних джерел енергії за використання рослинного ресурсу енергокультур, в т.ч. і проса прутоподібного.

Актуальність теми досліджень. Насьогодні, сектор біоенергетики є пріоритетним напрямком подальшого розвитку України та зменшення її енергозалежності від зовнішніх викликів. При цьому, формування надійного джерела енергоємної рослинної поновлюваної сировини, на противагу непоновлюваним джерелам енергії, набуває важливого значення. В цьому плані енергетичні рослини зможуть забезпечити безперервне надходження біомаси до виробників та в результаті забезпечити споживачів альтернативною енергією. До таких рослин відносяться багаторічники з родини тонконогові. Однією з них є просо прутоподібне. Водночас, закладка нових посівів цієї енергетичної культури стримується недостатніми обсягами виробництва якісного насіння. Тому, дослідження, що спрямовані на встановлення особливостей росту і розвитку насінників, вивчення мінливості показників якості насіння за його вирощування й формування насінневої продуктивності проса прутоподібного залежно від сортових особливостей і елементів агротехнології *є актуальними*. Що в перспективі дозволить збільшити обсяг якісного насінневого матеріалу для закладки нових енергетичних посівів. Це, в свою чергу сприятиме отриманню енергоємної рослинної сировини цієї культури, та виробництва з неї біопалив. Як кінцевий результат – це беззаперечно сприятиме заміщенню непоновлюваних джерел енергії й збільшенню використання поновлюваних джерел та посилення енергетичної незалежності України.

Окрім цього, посіви проса прутоподібного сприяють вирішення проблем екології довкілля в Україні завдяки фіторемедіаційним властивостям рослин, утворення органічної речовини та структурованості ґрунтів. Що сприятиме подальшому збалансованому функціонуванню сільського господарства з урахуванням розвитку біоенергетики сектора.

Таким чином на даний час, не повною мірою вивчено: особливості росту і розвитку рослин у насінних посівах проса прутоподібного, закономірності формування морфо-біологічних ознак вегетативної частини та генеративних органів рослин, потенціал урожайності схожого насіння, його якості залежно

від сортових особливостей, елементів технології вирощування у взаємозв'язку з погодними умовами вегетаційного періоду, що й визначає актуальність досліджень, висвітлених у дисертаційній роботі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані відповідно до наукових тематик кафедри селекції, насінництва і генетики: наукової тематики НДДКР, що зареєстрована в УкрІНТІ: «Збільшення урожайності та якості насінневого та посадкового матеріалу енергетичних культур», номер державної реєстрації 0118U004386 (2018–2020 рр.) з продовженням та розширенням цієї теми на період 2021–2025 рр. (Державний реєстраційний номер 0121U108282)

Мета дослідження полягала у встановленні особливостей формування і мінливості елементів насінневої продуктивності, врожайності та якості насіння проса прутоподібного залежно від сорту та умов вирощування насінневих посівів.

Для досягнення зазначеної мети передбачалося вирішення наступних завдань:

- провести теоретичний аналіз дослідження щодо впливу сортів на формування продуктивності енергетичних культур (за біомасою та насінням), впливу погодних умов та елементів технології вирощування на врожайність насіння проса прутоподібного;

- встановити вплив екотипічних властивостей на формування врожайності та якості насіння сортів проса прутоподібного;

- визначити вплив умов вирощування проса прутоподібного на врожайні властивості насіння потомства, та його якість;

- обґрунтувати вплив підживлення посівів на біометричні показники рослин, врожайність та якість насіння проса прутоподібного та встановити взаємозв'язок між ними;

- визначити економічну та енергетичну ефективність виробництво насіння проса прутоподібного залежно від сорту та удосконаленої технології вирощування сортів проса прутоподібного.

Об'єкт дослідження: процеси росту й розвитку рослин, фітоценози, особливості формування елементів продуктивності, врожайності та якості насіння проса прутоподібного залежно від сорту, умов вирощування та елементів агротехнології.

Предмет дослідження: зарубіжні сортозразки проса прутоподібного: Кейв-ін-рок, Блеквелл, Патфіндер, Картадж, Шелтер, Форестбург, 'Санбурст', Дакота, Небраска, Канлоу, Аламо, Пангбурн та сорти української селекції: Зоряне, Морозко, Лядівське, елементи насінневої технології вирощування культури.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень застосовувались *загальнонаукові методи:* узагальнення, порівняння, діалектики, аналізу і синтезу, гіпотез, тощо, а також *спеціальні методи:* польовий, що доповнений лабораторними аналізуваннями та спостереженнями, вимірювально-ваговий – визначення біометричних показників рослин проса прутоподібного та насінневої продуктивності; хімічний – визначення агрохімічних показників ґрунту; фізичний – оцінка посівних якостей насінного матеріалу проса прутоподібного; розрахунково-порівняльний – оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва насіння проса прутоподібного; методи математичної статистики: дисперсійний, кореляційно-регресійний та інші аналізи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному – вперше в умовах центральної частини лівобережного Лісостепу України:

- обґрунтовано, що височинні сортозразки проса прутоподібного за врожайністю насіння переважають низовинні на 159,0 кг/га (0,16 т/га врожаю насіння). Зафіксовано найбільшу насіннєву врожайність сортів української селекції: Зоряне, Морозко й Лядовське (від 748,3 до 786,3 кг/га) та іноземної: Shelter, Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg (від 698,7 до 735,0 кг/га). Доведено, що вищі показники якості насіння забезпечують сорти проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно з низовинними сортами;

- визначено, що оптимізація технології вирощування проса прутіподібного дозволяє поліпшити врожайні властивості насіння сорту Зоряне на 0,05 т/га (від 0,77 до 0,82 т/га), сорту Кейв-ін-рок – на 0,12 т/га (від 0,62 до 0,74 т/га), сорту Морозко – на 0,08 т/га (від 0,38 до 0,46 т/га). Ця технологія поєднує: весняну сівбу культури, визначеною нормою висіву насіння (для сорту Зоряне – 5,7 кг/га, для сорту Кейв-ін-рок – 7,6 кг/га, для сорту Морозко – 7,9 кг/га), широкорядний спосіб сівби (для усіх сортів – міжряддя 60 см) та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N_{45}). Зазначені агрозаходи оптимізованої технології вирощування сприяють поліпшенню посівних якостей насіння (енергії проростання та лабораторної схожості): для сорту Зоряне відповідно показників: $44,5 \pm 0,7$ % і $51,3 \pm 0,7$ %; Кейв-ін-рок $44,1 \pm 0,6$ % і $49,2 \pm 0,4$ %; та сорту Морозко – $37,1 \pm 0,3$ % і $42,3 \pm 0,4$ %.

- обґрунтовано, що сукупна енергія, накопичена в насінні проса прутіподібного збільшилась на 16,23 ГДж/га (до 131,30 ГДж/га) за оптимізованої технології вирощування, порівняно зі звичайною – 115,07 ГДж/га, за підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,4 (до 3,8) за оптимізованої технології, порівняно зі звичайною – 3,4.

удосконалено:

- технологію виробництва насіння проса прутіподібного: при цьому встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин та продуктивності насіння на варіантах застосування позакореневого підживлення насінневих посівів 60-ти % робочим розчином 'Kristalon Special'. Порівняно з контролем та іншими варіантами дослідження, відмічено суттєве зростання біометричних показників рослин: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннева продуктивність проса прутіподібного за масою насіння, його урожайністю та виходом схожого насіння (62,3 %), зафіксовано також поліпшення посівних якостей насіння.

набуло подальшого розвитку:

- наукові положення щодо вивчення особливостей формування морфологічних ознак вегетативної частини та генеративних органів рослин, урожайності насіння та надземної маси проса прутоподібного залежно від сортових особливостей та погодних умов вегетаційного періоду.

Практичне значення отриманих результатів. Виокремлені сортозразки проса прутоподібного за насінневою продуктивністю використовуються у селекційному процесі Веселоподільської ДСС ІБКіЦБ НААН (Полтавська обл., Кременчуцький р-н.). Розроблені удосконалені елементи сортової технології вирощування проса прутоподібного на насіння впроваджено протягом 2024–2025 років у виробництво: ТОВ «Савинці» Миргородського району на площі 0,5 га.

Наукові результати експериментальних досліджень використовуються в освітньому процесі: при підготовці здобувачів вищої освіти в Полтавському державному аграрному університеті МОН (м. Полтава) та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ) при викладанні навчальних дисциплін спеціальності 201 Агрономія галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Особистий внесок здобувача. Рукопис дисертаційної роботи є самостійним, належним чином оформленим й узагальненим дослідженням автора. Здобувачем проаналізовано літературні джерела за темою дисертації: за результатами оформлено розділ 1 «Огляд літератури», самостійно розроблено програму та схеми дослідів, підібрано методика для проведення експериментів та аналізування отриманих даних (розділ 2 «Умови, матеріал та методика проведення досліджень»). Також було закладено й проведено польові й лабораторні дослідження відповідно до наукових методик та рекомендацій, узагальнено та проаналізовано експериментальний матеріал (розділи 3–5 «Результати досліджень»), а також визначено ефективність елементів удосконаленої технології вирощування сортів проса прутоподібного на насіння (розділ 6 «Ефективність вирощування сортів, застосування

удосконаленої технології виробництва насіння проса прутоподібного»). Це дало можливість сформулювати наукові положення, обґрунтовані висновки та рекомендації для виробництва та насінництва. За результатами проведених досліджень підготовлено та опубліковано у співавторстві наукові публікації, здійснено апробацію, забезпечено впровадження і науковий супровід результатів досліджень у виробничий та навчальний процеси. Частка авторства у спільних наукових публікаціях сягає 30–80 %.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень щорічно доповідались та обговорювались на наукових семінарах і конференціях, апробовані та обговорені на 12 науково-практичних конференціях та круглих столах різного рівня: *Другі Сазановські читання: Іван Овсінський і його «Нова система землеробства»* (м. Полтава, 27 жовтня 2021 р.); *Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели* (м. Полтава, 30 верес. 2022 р.); *Development of Education, Science and Business: Results 2022: the International Scientific and Practical Internet Conference* (Dnipro, December 22-23, 2022); *Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи: III Міжнародна науково-практична конференція* (м. Миргород, 15-16 грудня 2022 р.); *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of science»*, (Prague, Czech Republic, January 16–17, 2023); *XI міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів: Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*. (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.); *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: I Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, присвячена 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики* (м. Полтава, 15 травня 2023 р.); *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: VIII Всеукраїнська науково-практична конференція* (м. Умань, 11–13 жовтня 2023 р.); *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: II Всеукраїнська науково-практична конференція* (м. Полтава, 14–15 травня 2024 р.); *наукова*

конференція професорсько-викладацького складу Полтавського державного аграрного університету за підсумками науковопрактичних досліджень в 2023 році (м. Полтава, 14–15 травня 2024 р.); *Сучасні технології агропромислового виробництв: III Міжнародна науково-практична конференція* (м. Кропивницький, 14–15 листопада 2024 р.); *Інтеграція знань та інновацій у розвитку науки, освіти і суспільства: мультидисциплінарний підхід до вирішення сучасних викликів: міжнародна науково-практична конференція* (м. Рівне, 29 березня 2025 р.)

Публікації. Матеріали досліджень, що викладені в дисертації опубліковано в 21 науковій праці, з-поміж яких: одна стаття у НМБ Scopus, п'ять статей у наукових фахових виданнях, один розділ монографії, що додатково відображає результати досліджень, 12 тез доповідей і матеріалів наукових конференцій та два патенти на корисну модель.

Обсяг та структура роботи. Дисертація у вигляді рукопису викладена на 140 сторінках основного тексту, містить анотацію, вступ, 6 розділів, висновки і рекомендації для виробництва та насінництва, 60 рисунків, 20 таблиць експериментального матеріалу, список використаної літератури, що поєднує 173 джерела, з них 83 латиницею. У додатках подано таблиці й розрахунки, які не ввійшли в основний текст дисертації, а також матеріали, що підтверджують впровадження результатів наукових досліджень у виробництво та освітній процес закладів вищої освіти та наукових установ.

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ СОРТУ, УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ
ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ ТА НАСІННЯ ПРОСА
ПРУТОПОДІБНОГО (огляд літератури)

Просо прутіоподібне, або світчграс (*Panicum virgatum* L.) є багаторічною трав'янистою рослиною, яка, поряд із зарубіжними дослідженнями дедалі більше привертає увагу українських науковців завдяки своєму високому потенціалу фітомаси. В свою чергу, надземна вегетативна маса цієї рослини – якісна сировина для виробництва біопалив та продуктів з доданою вартістю [1, 2]. В умовах сьогодення проводяться різнопланові дослідження з вивчення проса прутіоподібного (рис. 1.1).

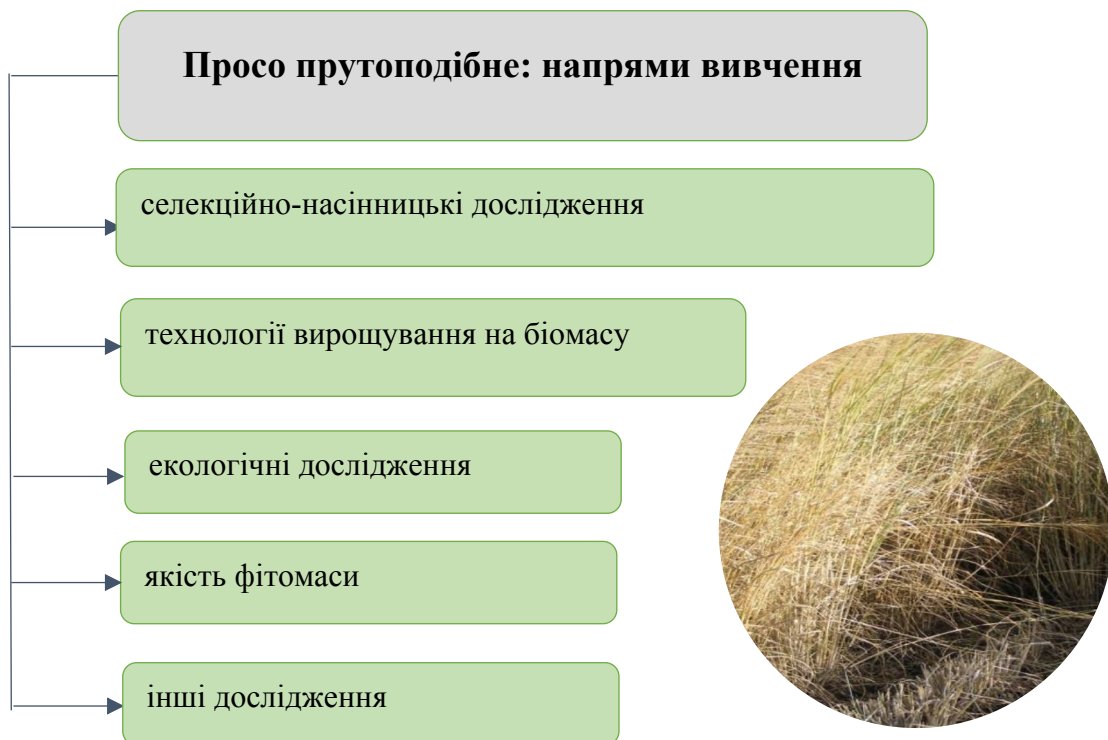


Рис. 1.1. Напрями дослідження проса прутіоподібного

1.1. Вплив сортових властивостей на врожайність біомаси проса прутоподібного

Насьогодні, визначено, що різні сорти проса прутоподібного мають неоднакову стійкість до умов середовища, що й обумовлює формування їхньої продуктивності [3]. Вивчення різних сортів світчграсу є ключовим напрямком досліджень у контексті забезпечення стабільної та високої врожайності, а також пошуку ефективних методів адаптації рослин до агрокліматичних умов України [4].

Також визначено, що одним із визначальних чинників успішного вирощування енергокультур є пристосувальні реакції сортів до різних ґрунтово-кліматичних умов. Сорти, що добре адаптуються до засушливих умов, можуть забезпечувати вищу врожайність навіть за несприятливих умов вирощування. Як зазначає Д. Б. Рахметов разом із співавторами – сорти проса прутоподібного завдяки морфологічним особливостям своєї кореневої системи краще протистояють посусі. Ця особливість є важливим чинником отримання сталої врожайності біомаси у контексті глобальних змін клімату, та підвищення енергоназалежності України за використання альтернативних джерел рослинної сировини [5].

Генетична різноманітність світчграсу є основним фактором, що визначає врожайність. Сорти можуть мати різні показники врожайності залежно від агротехнічних умов, таких як норма висіву, система удобрення та спосіб збирання. Деякі сорти світчграсу краще адаптовані до умов помірного клімату України і демонструють вищу врожайність. Так, М. І. Кулик та інші наковці вивчаючи продуктивність різних сортів світчграсу в умовах Лісостепу України, зазначивши, що сорти української та американської селекції, такі як Зоряне та Cave-in-Rock, показують кращі результати порівняно з іншими сортами за врожайністю [6].

Поряд з цим, важливим фактором підвищення врожайності біомаси світчграсу є правильна агротехніка. Дослідження показують, що сорти світчграсу позитивно реагують на оптимізацію норми й строків сівби, системи

удобрення та термінів збирання. Науковець, М. Я. Гументик встановив закономірність: зі збільшенням площі живлення рослин проса прутоподібного знижується конкуренція між ними за поживні речовини та спостерігається вирівнювання за висотою та урожайністю біомаси. При цьому отримали високий вихід твердого біопалива з біомаси та енергії [5].

Українські вчені зазначають, що високу та стабільну урожайність за сухою масою формують сорти світчграсу: Кейв-ін-рок (14,3–16,9 т/га) і Картадж (14,0–16,0 т/га). При цьому, ними встановлено, що своєчасне скошування рослин збільшує цей показник. Вміст сухої речовини в біомасі в пізньостиглих сортів проса прутоподібного, зібраної весною, більший на 11,7–19,2 % порівняно з осінніми обліками [6].

Багато сортів проса прутоподібного було розроблено для оптимального використання в різних кліматичних умовах. У США, де просо є основною енергетичною культурою, виведено сорти, що відрізняються високою стійкістю до стресових умов. Наприклад, дослідження R. Mitchell разом із співавторами показали, що сорти проса Cave-in-Rock та Kanlow мають кращу продуктивність біомаси у помірних зонах, тоді як Alamo демонструє високу стійкість до посухи і жаркого клімату південних регіонів США [7].

Відповідно інших досліджень науковців на чолі з M. D. Casler доведено, що сорти, такі як Alamo і Kanlow демонструють різну реакцію на погодні умови. Наприклад, сорти з південного регіону США, такі як Alamo, відрізняються високою посухостійкістю та адаптовані до високих температур, що забезпечує високу врожайність біомаси навіть за несприятливих погодних умов. З іншого боку, сорти, такі як Cave-in-Rock, краще підходять для регіонів з помірними умовами, показуючи стабільні результати в умовах достатнього зволоження. Дані автори зазначають, що одним з найбільш перспективних підходів є виведення сортів із посиленою стійкістю до посухи, оскільки зміни клімату ведуть до зростання числа посушливих періодів у багатьох регіонах світу [8].

Адаптація сортів до кліматичних умов є ключовим фактором, що впливає на врожайність біомаси. У Європі та Північній Америці просо прутоподібне використовується для відновлення деградованих земель і виробництва біомаси. Іноземні вчені на чолі з I. Lewandowski дослідили різні сорти міскантусу й світчграсу, що вирощуються в умовах Західної Європи. Вони довели, що продуктивність біомаси залежить не лише від генетики сорту, а й від таких факторів, як ґрунтові умови та рівень опадів. У дослідженні зазначено, що окремі сорти світчграсу показали кращі результати в умовах континентального клімату [9].

Важливу роль у врожайності біомаси відіграє тривалість вегетаційного періоду і строки збирання культури. Дослідженнями M. A. Sanderson, що проведені разом з іншими науковцями показали, що пізньостиглий сорт Blackwell, формує більше біомаси порівняно з короткоцикловими сортами, що є важливим для регіонів із довшими вегетаційними періодами [10].

У світлі глобальних кліматичних змін вчені продовжують досліджувати, як нові сорти проса прутоподібного можуть адаптуватися до несприятливих умов вирощування. Так, W. Zegada-Lizarazu та A. Monti провели аналіз впливу екстремальних кліматичних умов на продуктивність різних сортів світчграсу зазначили, що сорти з більшою стійкістю до посухи показали стабільнішу врожайність біомаси в умовах високих температур і нестачі вологи [11].

Енергетичні культури, такі як просо прутоподібне, потребують мінімальної обробки пестицидами та іншими хімікатами. Проте селекція сортів зі стійкістю до хвороб і шкідників є важливою для забезпечення стабільної продуктивності. За даними K. P. Vogel визначено, що сорти світчграсу з підвищеною стійкістю до хвороб зберігають свою врожайність навіть за мінімальних обробок, що робить їх більш екологічно чистими та економічно вигідними для вирощування. Також автори встановили, що сорт Alamo, формує високу продуктивність в умовах південних штатів, де зберігається високий рівень температур і часті посухи. Сорт Cave-in-Rock, з іншого боку, вирощується в північних штатах, де клімат більш прохолодний

та вологий, і теж забезпечує високу врожайність біомаси завдяки своїй адаптації до помірних кліматичних умов [12]. Що також знайшло підтвердження в науковій роботі М. І. Кулика, яка проведена в умовах центрального Лісостепу України [13].

Сорти проса з підвищеною стійкістю до хвороб і шкідників мають вищу врожайність, оскільки не потребують інтенсивної обробки засобами захисту рослин. Відповідно дослідженнями J. N. Varney та іншими вченими доведено взаємозв'язок між стійкістю до шкідників і врожайністю біомаси світчграсу. Ними виявлено, що сорти Trailblazer і Pathfinder менш вразливі до шкідників, що дозволяє зберігати високу продуктивність навіть при мінімальній обробці інсектицидами [14].

За результатами досліджень українських агрономів, було встановлено, що сорти проса, вирощені на південному заході України, забезпечують вищу продуктивність біомаси у порівнянні з регіонами з більш помірним кліматом. Що демонструє стійкість до посухи, що дозволяє йому генерувати більші обсяги біомаси за екстремальних умов [15].

Також визначено, що умови вирощування мають суттєвий вплив на формування біометричних показників рослин проса прутоподібного на урожайність і вихід біопалива [16].

Адаптаційні можливості проса прутоподібного в контексті зміни клімату є предметом активних досліджень. Водночас, іноземні автори підкреслюють важливість вибору сортів, що можуть успішно вирощуватися на деградованих і малопродуктивних землях. Такі сорти, як Kanlow, показують високі показники виживаності в умовах з низькою родючістю ґрунтів, демонструючи стабільну врожайність на маргінальних землях [17].

Інші науковці досліджували залежність урожайності біомаси проса прутоподібного від погодних умов та способів вирощування культури, демонструючи важливість адаптації рослин до змін клімату [18].

Вирощування проса прутоподібного з метою отримання біомаси для біоенергетики має значні екологічні переваги. Іноземні вчені стверджують,

що ця культура має низькі вимоги до добрив і пестицидів, що знижує екологічне навантаження на ґрунти та довкілля в цілому. Наприклад, автори на чолі з I. Lewandowski наголошують на важливості вибору сортів з високою стійкістю до шкідників і хвороб для зменшення використання хімічних обробок, що особливо важливо для збереження екосистем у регіонах, де вирощується біоенергетична культура [19].

Вибір відповідних технологій вирощування є вирішальним для забезпечення максимальної врожайності біомаси проса прутоподібного. Дослідження, проведені M. D. Casler показують, що зменшення ширини міжрядь до 50 см дозволяє значно підвищити врожайність за рахунок покращеної конкуренції рослин за ресурси [20].

В Україні подібні дослідження проводилися в умовах заклади вищої освіти та наукових установ, де вивчали сорти й випробовували різні агротехнологічні заходи для підвищення врожайності біомаси енергетичних культур. Так, В. Л. Курило із співавторами та Ю. Ю. Браніцький відмічають, що для проса прутоподібного важливим є оптимізація елементів технології вирощування культури [21, 22].

Водночас за результатами досліджень М. І. Кулика вказується, що оптимальна ширина міжрядь для більшості сортів в умовах Лісостепу складає 45 см, що дозволяє максимально використовувати площу поля для формування високої продуктивності світчграсу [23, 24].

Окрім генетичних особливостей сортів світчграсу, вплив технології вирощування, включаючи ширину міжряддя, також впливає на врожайність біомаси. Дослідження, проведені R. S. Duncan разом із співавторами продемонстрували, що зменшення ширини міжряддя від 100 см до 50 см дозволяє збільшити врожайність біомаси на 15-20 %. Це пов'язано з кращою конкуренцією рослин за ресурси, зокрема вологу та поживні речовини [25].

Таким чином, вибір сортів проса прутоподібного є важливим фактором, який визначає рівень врожайності біомаси. Українські та іноземні дослідники сходяться на думці, що ключовим аспектом для підвищення продуктивності є

селекція адаптованих сортів, здатних ефективно використовувати ресурси у різних кліматичних умовах. Впровадження таких сортів може значно підвищити ефективність використання землі для вирощування біомаси з мінімальними екологічними втратами.

1.2. Вплив сортових властивостей на врожайність насіння проса прутіподібного

Одним із ключових напрямків сучасних досліджень є вивчення врожайності насіння різних сортів прутіподібного проса. Українські вчені підтверджують, що врожайність залежить не лише від кліматичних умов та догляду за рослинами, але й від сорту, що використовується. Американськими вченими виявлено, що низинні сорти світчграсу є переважно тетраплоїдними ($2n = 4x = 36$ хромосом), тимчасом як високогірні – переважно октоплоїдними ($2n = 8x = 72$ хромосоми). Ними також здійснено поділ сортів проса прутіподібного на : низовинні та височинні, що обумовлюють їх врожайність [26].

Дослідження В. В. Дриги та співавторів показали, що основні параметри врожайності, такі як висота рослин, кількість стебел та їх товщина, залежать від біологічних особливостей сорту. Вивчення сортових властивостей в умовах змінного клімату дозволяє виділити найбільш продуктивні генотипи, стійкі до несприятливих факторів [27].

Науковець Д. Б. Рахметов та інші вказують на перспективність інтродукції нових сортів проса прутіподібного, що забезпечують стабільну продуктивність у регіонах із різним рівнем зволоження [28]. Інші дослідження також наголошують на важливості селекції за ознаками морозо- та посухостійкості для підвищення врожайності [29].

Інший автор – М. Я. Гументик акцентує увагу на ефективності використання різних способів сівби і догляду за рослинами. Результати показують, що врожайність біомаси залежить не лише від сорту, але й від щільності посівів, строків сівби та методів удобрення [30].

Дослідження І. І. Рожко висвітлюють значення комплексного підходу до вивчення сортових властивостей проса прутоподібного, включаючи стійкість рослин до абіо- та біотичних чинників. Такі підходи дозволяють оптимізувати виробництво біомаси та насіння цієї культури при мінімальних витратах [31].

Встановлено, що на врожайність насіння мають вплив екологічні чинники [32] та матрикальна різноякісність насіння [33] та екотипічні властивості сортів проса прутоподібного [34, 35].

Автори на чолі з С. М. Мандровською визначили, що найвищу врожайність проса прутоподібного формували сорти середньостиглої та пізньостиглої групи. Водночас, поряд з погодними умовами вегетації та нормою висіву насіння на цей показник значний вплив мали сортові властивості культури [36].

За дослідженнями іншої групи науковців, встановлено, на формування врожайності енергетичних культур (проса прутоподібного та міскантусу гігантського) значний вплив мають погодні умови вирощування під час вегетації рослин [37–40].

Українські вчені також активно досліджують продуктивність різних сортів проса залежно від агро-кліматичних та ґрунтових умов. [38–40].

Відомі дослідження американських вчених на чолі з R. V. Mitchell показали, що сорти проса прутоподібного мають значну різницю у врожайності насіння залежно від їх адаптивності до місцевих кліматичних умов. Сорт *Cave-in-Rock* демонстрував високу врожайність насіння в умовах центральної Америки завдяки хорошій посухостійкості та швидкому вегетаційному циклу. У дослідженні також було виявлено, що цей сорт має добру толерантність до нестачі вологи, що робить його ідеальним для посушливих районів [41].

У дослідженні K. P. Vogel разом із співавторами порівнювали врожайність насіння різних сортів світчграсу (*Alamo* та *Kanlow*), у різних екологічних зонах США. Було зазначено, що *Alamo* показав найвищі

показники врожайності насіння у південних регіонах завдяки його стійкості до високих температур та вологості, тоді як Kanlow краще себе зарекомендував у північних штатах [42].

Європейські вчені також активно досліджували продуктивність насіння різних сортів прутоподібного проса. Так, I. Lewandowski з однодумцями вивчали продуктивність сортів світчграсу в Німеччині, виявивши, що сорт Blackwell має найвищу врожайність насіння у північноєвропейських регіонах завдяки його здатності переносити низькі температури та підвищену вологість [43].

У Великій Британії, дослідження G. Fischer з однодумцями показали, що сорти, такі як Trailblazer, демонструють кращу продуктивність насіння в умовах м'якого клімату, що пояснюється їхньою стійкістю до нестабільних погодних умов та здатністю до швидкого росту [44].

Китайські вчені, такі як Q. Li та інші зосереджували свої дослідження на сортовій різноманітності проса прутоподібного в умовах північно-західного Китаю. Їхні дослідження показали, що сорти, адаптовані до місцевих сухих кліматичних умов демонструють високі показники врожайності насіння завдяки своїй стійкості до дефіциту води та високих температур [45].

Вивчаючи сортову різноманітність проса прутоподібного в США, зокрема вплив місцевих умов на врожайність різних сортів J. N. Barney et al. було встановлено, що деякі сорти краще реагують на різну щільність висіву та мають вищу врожайність насіння в умовах низької вологості [46].

Інші дослідники P. B. Davis разом із співавторами провели порівняльний аналіз між різними сортами світчграсу в умовах південно-східного регіону Канади. Їхні результати показали, що адаптація до кліматичних умов та тривалість вегетаційного періоду впливають на загальну продуктивність культури. Деякі сорти, такі як Forestburg формували стабільні врожаї насіння в умовах канадських степів [47].

Так, S. D. Wullschleger та інші автори звертали увагу на вплив температурного режиму та кількості опадів на врожайність різних сортів проса

прутоподібного в умовах Європи. Їхні результати свідчать, що вибір сорту повинен відповідати не лише кліматичним умовам, але й практикам управління, зокрема оптимальній густоті стояння рослин [48].

Інші вчені, A. Voe and T. Ross досліджували різні агротехнічні підходи до вирощування проса в Центральній Європі. Дослідження показало, що густина сівби та строки висіву значно впливають на врожайність насіння, і деякі сорти, такі як Shawnee, показали кращі результати в умовах помірного клімату з середнім рівнем опадів [49].

Інша група авторів E. A. Heaton у своєму дослідженні вивчали вплив сортової адаптивності проса прутоподібного в Південній Америці. Було виявлено, що сорти з кращою адаптацією до тропічного клімату, такі як Kanlow, демонструють високу врожайність у порівнянні з іншими сортами, що використовуються в помірних широтах [50].

Інші іноземні автори у своїй статті вивчали вплив різних сортів проса на насіннєву врожайність при різних агро-кліматичних умовах. Дослідження J. Aldrich сумісно із співавторами показали, що сорти з коротшим вегетаційним періодом забезпечують вищу врожайність насіння в умовах недостатньої вологості [51].

Інше дослідження на чолі з R. Singh присвячені вивченню впливу сортових властивостей і умов вирощування на врожайність насіння проса прутоподібного в Індії. Було виявлено, що оптимальна густина рослин та своєчасне збирання суттєво підвищують врожайність насіння [52].

Наукова робота Y. Zhang разом з іншими науковцями фокусується на селекційних програмах для покращення сортів проса прутоподібного. Вчені дослідили, як генетична різноманітність впливає на продуктивність насіння в умовах змінного клімату [53].

У дослідженнях S. Kumar та P. Tiwari аналізується вплив агрономічних заходів на врожайність насіння різних сортів проса. Автори підкреслюють важливість інтеграції сучасних агрономічних практик для досягнення високої продуктивності [54].

А в наукових працях N. Mokhatarov разом із іншими науковцями вивчено різні технології обробітку насіння, які впливають на насінневу врожайність сортів проса прутоподібного. Вчені виявили, що певні методи обробки можуть значно підвищити вихід насіння [55].

У статті A. Khan досліджено вплив різних сортів проса прутоподібного на насінневу продуктивність при різних агрокліматичних умовах. Результати показали, що оптимальні умови вирощування значно підвищують вихід насіння, особливо для деяких адаптованих сортів [56].

В іншій публікації аналізується вплив агрономічних практик на врожайність насіння проса прутоподібного в умовах південної Азії. Вчені виявили, що правильний вибір сортів і агрономічних технологій може суттєво підвищити врожайність [57].

У статті M. Adnan розглядається вплив різних методів вирощування та сортів на насінневу продуктивність проса прутоподібного в умовах змінного клімату. Дослідники підкреслюють, що стійкі сорти можуть забезпечити кращу врожайність насіння навіть за несприятливих умов [58].

Дослідження C. Okonkwo та інших науковців присвячене вивченню впливу попередників на насінневу врожайність проса прутоподібного. Результати показали, що посіви після певних попередників можуть покращити вихід насіння [59].

А от R. Martinez та інші автори аналізують генетичні фактори, які впливають на врожайність насіння сортів проса прутоподібного. Автори виявили, що генетична різноманітність та селекція є критично важливими для підвищення продуктивності культури [60].

У дослідженнях авторів вивчається вплив сортів проса прутоподібного на продуктивність насіння в умовах південної Індії. Автори зазначають, що сорти з коротшим вегетаційним періодом продемонстрували вищу насінневу продуктивність завдяки своїй адаптивності до кліматичних умов [61].

Науковці J. P. Sah разом із іншими авторами вивчали вплив гібридизації на насінневу продуктивність проса прутоподібного. Результати показують, що

гібриди, отримані від кращих сортів, мають значно вищу врожайність у порівнянні з традиційними сортами [62].

У статті G. Moges розглядає вплив різних агрономічних технологій, включаючи управління водою та добривами, на насінневу продуктивність проса прутоподібного. Вчені виявили, що оптимальне зволоження і збалансоване живлення можуть підвищити врожайність насіння [63].

У іншому дослідженні аналізується вплив строків сівби на насінневу продуктивність різних сортів проса. Автори зазначають, що ранні строки сівби пов'язані з вищою врожайністю насіння, оскільки рослини отримують більше сонячного світла і води під час вегетаційного періоду [64].

Наукова публікація A. Das присвячена аналізу генетичних та агрономічних чинників, що впливають на насінневу продуктивність сортів проса прутоподібного. Автори підкреслюють важливість селекції та адаптації сортів до конкретних умов вирощування для досягнення високої продуктивності [65].

У дослідженням A. Patel і співавторів розглядається вплив різних агрономічних практик на насінневу врожайність сортів проса прутоподібного. Автори виявили, що інтеграція органічних добрив і оптимізація режиму зволоження можуть значно підвищити продуктивність культури [66].

Водночас, у іншій статті R. Singh разом із співавторами аналізується вплив сортів проса на насінневу продуктивність за умов різних кліматичних зон Індії. Дослідники підкреслюють, що сорти, адаптовані до специфічних регіональних умов, демонструють кращу врожайність [67].

Наукова праця інших авторів базується на порівняльному аналізі кількох сортів проса, акцентуючи увагу на факторах, що впливають на насінневу врожайність. Дослідження показало, що генетичні особливості сортів істотно впливають на їхню продуктивність [68].

У публікації на чолі з A. Choudhury обговорюється роль мікроелементів у живленні рослин просових культур. Результати свідчать про те, що адекватне

забезпечення мікроелементами позитивно впливає на насінневу продуктивність [69].

У статті S. Nair разом з однодумцями вивчали вплив кліматичних умов на врожайність насіння сортів проса. Вчені виявили, що екстремальні погодні умови можуть суттєво знижувати продуктивність, однак деякі сорти виявилися більш стійкими до таких змін [70].

1.3. Вплив елементів технології вирощування на врожайність насіння проса прутоподібного

Вибір сортів є критичним для досягнення їх потенціалу продуктивності в плані збільшення врожайності. У дослідженнях авторів зазначено, що сортова агротехнологія вирощування проса прутоподібного дозволяє збільшити врожайність його насіння [71, 72].

Інші дослідження підтверджують цю думку та вказують на важливості удосконалення елементів технології вирощування на врожайність надземної вегетативної маси енергокультур [73]. Так, встановлено важливість системи підживлення насінневих посівів проса прутоподібного на збільшення отримуваних обсягів насіння та його якості [74].

Застосування засобів захисту рослин також є важливим фактором. У роботі В. П. Мельничука вивчалися різні препарати для захисту просових рослин та їх вплив на розвиток рослин і продуктивність, що вказує на важливість правильного вибору таких засобів [75].

Отже, вплив елементів технології вирощування на врожайність насіння проса прутоподібного є багатогранним питанням, яке потребує комплексного підходу. Дослідження українських вчених підтверджують, що вибір сортів, оптимізація елементів агротехнології, в т.ч. управління живленням рослин є основними факторами, що визначають продуктивність цієї культури.

Дослідження проведені групою авторів на чолі з J. Fritz показали, що різні сорти світчграсу демонструють різну продуктивність в залежності від кліматичних умов та технології вирощування. Вчені наголошують на

важливості селекції сортів, які мають високу стійкість до хвороб та забезпечують сталу врожайність [76].

У роботі R. Johnson and L. Roberts зазначається, що оптимальна норма висіву є критично важливою для досягнення високої врожайності насіння. Дослідження показали, що зменшення норми висіву призводить до збільшення кількості продуктивних стебел на одиницю площі, що, в свою чергу, підвищує врожайність [77].

Дослідження T. Miller та інших зарубіжних науковців показало, що використання збалансованого підживлення мінеральними добривами позитивно впливає на врожайність світчграсу. Автори підкреслюють, що важливо враховувати потреби рослин у поживних речовинах у різні фази росту й розвитку [78].

У статті J. Williams et al. обговорюється вплив різних методів обробки ґрунту на продуктивність світчграсу. Дослідження показали, що безвідвальна обробка може підвищити врожайність за рахунок поліпшення структури ґрунту і збереження вологи [79].

Дослідження інших авторів: A. Jones et al. вказують на те, що агрокліматичні умови, такі як температура, вологість та освітлення, істотно впливають на врожайність насіння. Вчені відзначають, що оптимальні кліматичні умови можуть підвищити продуктивність рослин на 20-30 % [80].

У статті D. Taylor et al. розглянуто вплив методів обробки ґрунту на зростання світчграсу. Результати показали, що комбінування традиційної обробки з безвідвальною обробкою може привести до збільшення врожайності на 15%. Дослідження підкреслює важливість збереження структури ґрунту та покращення водоутримуючих властивостей [81].

Результати дослідження F. Martinez et al. показали, що застосування біостимуляторів може суттєво підвищити врожайність насіння. Вчені виявили, що обробка насіння біостимуляторами покращує його схожість та поліпшує розвиток рослин, що, у свою чергу, позитивно впливає на загальну продуктивність культури [82].

Дослідження R. Greenwood та J. Hunt вказують на те, що густина посіву є важливим фактором, що впливає на врожайність. Вони зафіксували, що оптимальна густина може підвищити кількість продуктивних стебел, що веде до збільшення врожайності насіння до 25 % [83].

Отримані дані зазначених вище авторів свідчать про важливість дослідження технології вирощування світчграсу для підвищення його продуктивності. Аграрні практики, такі як вибір способу обробки ґрунту, оптимізація густоти посіву та використання біостимуляторів, можуть суттєво вплинути на врожайність насіння проса прутоподібного.

1.4. Вплив умов вирощування на якість насіння світчграсу

Дослідження якості насіння світчграсу продовжують залишатися актуальними через їх важливість для агрономії та екології. У даному аспекті розглядаються додаткові фактори, що впливають на якість насіння, зокрема кліматичні умови, агрономічні практики та генетичні характеристики сортів.

Дослідження ряду українських авторів показують, що температура та вологість під час вегетаційного періоду суттєво впливають на врожайність енергокультур [84]. Вчені зазначають, що оптимальні температури в межах 20-25 °C сприяють покращенню схожості та енергії проростання насіння. Також відзначається, що підвищення вологісного режиму в критичні фази розвитку рослин може позитивно впливати на формування якісного насіннєвого матеріалу [85].

Результати досліджень іноземних авторів J. Davis et al. демонструють, що температура і вологість під час вегетаційного періоду значно впливають на вміст поживних речовин у насінні світчграсу. Автори підкреслюють, що оптимальні температури і регулярні опади сприяють підвищенню вмісту білка і поліпшенню загальної якості насіння [86].

Так, T. Smith разом із співавторами виявили, що застосування різних агрономічних практик, таких як мульчування і сівоzmіна, впливають на якість

насіння. В їхньому дослідженні зазначається, що мульчування допомагає зберегти вологу в ґрунті, що, в свою чергу, позитивно позначається на якості насіння світчґрасу [87].

У дослідженні M. Johnson та інших авторів вивчалось вплив системи добрив на якість насіння. Вони виявили, що використання органічних добрив значно підвищує якість насіння порівняно з хімічними. Це пов'язано з поліпшенням структури ґрунту та доступності поживних речовин для рослинного фітоценозу [88].

У результатах дослідження науковців на чолі з P. Anderson зазначається, що зміни клімату, зокрема коливання температури та кількість опадів, можуть істотно впливати на якість насіння. Вчені вказують, що посушливі умови можуть призвести до зниження вмісту білка і зменшення схожості насіння [89].

У роботі R. Clark та інших авторів акцентується увага на вплив типу обробки ґрунту на якість насіння. Вчені стверджують, що традиційна обробка ґрунту може негативно вплинути на структуру ґрунту, в результаті чого знижується доступність води та поживних речовин, що негативно позначається на якості насіння [90].

Дослідження M. Taylor et al. показують, що застосування мікродобрив може значно поліпшити якість насіння світчґрасу. Вони виявили, що мікроелементи, такі як бор і цинк, сприяють підвищенню вмісту поживних речовин у насінні та збільшують його схожість [91].

Дослідження J. Rogers разом з іншими аторами вказують на те, що підвищення температури та нерегулярні опади можуть призводити до стресу рослин, що негативно позначається на їхньому розвитку та якості насіння. Вчені рекомендують враховувати ці фактори при плануванні агрономічних заходів [92].

Дослідження D. Miller з однодумцями зосереджені на важливості ротації культур і внесення органічних добрив. Вони виявили, що застосування органічних добрив може покращити структуру ґрунту та підвищити якість

насіння, оскільки зменшує конкуренцію з бур'янами та покращує водоутримуючу здатність ґрунту [93].

Водночас А. Peterson разом з іншими науковцями досліджували вплив генетичних характеристик різних сортів світчґрасу на якість насіння. Вони виявили, що деякі сорти мають вищу стійкість до стресових умов, що дозволяє їм формувати насіння кращої якості навіть у регіонах з умовами несприятливого клімату [94].

Сучасні дослідження підтверджують важливість врахування різних умов вирощування для покращення якості насіння світчґрасу. Інтеграція агрономічних практик, моніторинг кліматичних змін і вибір відповідних сортів можуть значно підвищити ефективність виробництва.

Згідно з дослідженням R. Johnson та співавторів визначено, що якість насіння світчґрасу значно покращується за умови оптимальних умов відповідно ґрунтових характеристик. Вчені виявили, що насіння, вирощене на родючих ґрунтах з достатнім вмістом органічних речовин, має кращі фізичні та хімічні показники [95].

Науковці на чолі з К. Davis зазначають, що зволоження є критично важливим фактором для формування якісного насіння. Вони виявили, що регулярний полив у період активного росту рослин покращує не лише якість насіння, а й його схожість [96].

У дослідженнях А. Martinez разомі із співавторами розглядаються впливи стресових умов, таких як засуха та надмірні опади, на якість насіння світчґрасу. Виявлено, що рослини, піддані стресу, формують насіння з нижчими показниками енергії проростання та загального вмісту поживних речовин [97].

Результати цих досліджень підкреслюють важливість контролю умов вирощування для досягнення високої якості насіння світчґрасу. Важливо враховувати як агрономічні практики, так і кліматичні умови для оптимізації виробництва.

Дослідження В. Patton та інших показують, що генетичний потенціал сортів світграсу суттєво впливає на посівні якості насіння. Вчені виявили, що сорти з високим генетичним потенціалом демонструють кращі показники схожості і життєздатності насіння [98].

У дослідженні D. W. Meyer та співавторів підкреслюється, що агрокліматичні умови, такі як температура, вологість і тип ґрунту, мають значний вплив на якість насіння світграсу. Вони виявили, що оптимальні умови вирощування сприяють розвитку насіння з високою енергією проростання [99].

Згідно з дослідженнями ряду авторів на чолі з R. Sullivan визначено, що особливості технології обробки насіння, такі як обробка з використанням біостимуляторів, можуть покращити посівні якості насіння світграсу. Дослідники зазначили, що насіння, оброблене біостимуляторами, має вищі показники схожості і стійкості до хвороб [100].

Тому, ці дослідження підтверджують, що посівні якості насіння світграсу залежать від різноманітних факторів, включаючи генетичний потенціал сортів, умови вирощування і технології обробки. Ці знання можуть бути використані для оптимізації агрономічних практик і підвищення продуктивності культури.

Дослідження Z. Guo та інших виявлено, що різні типи ґрунту мають значний вплив на якість насіння світграсу. Зокрема, вологість і поживність ґрунту є ключовими факторами, що визначають якості насіння, такі як енергія проростання і життєздатність [101].

У роботі H. Lin та співавторів підкреслюється важливість погодних умов під час вирощування світграсу. Вчені виявили, що температурні коливання, особливо під час дозрівання, суттєво впливають на якість насіння. Наприклад, занадто висока температура може призвести до зниження схожості насіння [102].

Дослідження A. Kumar та інші показують, що застосування сучасних агрономічних практик, таких як оптимізація термінів сівби та управління

водними ресурсами, можуть позитивно вплинути на якість насіння світграсу. Вчені зазначили, що правильні агротехнічні рішення підвищують як посівні якості, так і врожайність [103].

Дослідження K. Vogel et al. продемонстрували, що генетичний потенціал сортів світграсу безпосередньо впливає на якість насіння. Вчені зазначили, що високопродуктивні сорти мають кращу життєздатність насіння та адаптивність до умов вирощування [104].

У статті D. Friedman et al. підкреслюється важливість адаптації технологій вирощування, таких як методи зрошення і управління поживними речовинами, для покращення посівних якостей насіння. Агрономічні практики, що базуються на даних про потреби рослин, можуть значно підвищити продуктивність насіння [105].

Інші вчені, Y. Jiang та R. Chen вивчили вплив мікрокліматичних умов на якість насіння світграсу. Дослідження показали, що варіації в температурі і вологості можуть суттєво змінити схожість насіння [106].

Дослідження P. Kumar et al. показало, що передпосівна обробка насіння, така як імпрегнація та термічна обробка, може суттєво покращити їх посівні якості. Це підтверджується даними про підвищення схожості та зменшення часу проростання насіння [107].

Інші науковці на чолі з A. B. Smith зосередилися на вивченні впливу екологічних факторів, таких як тип ґрунту і наявність поживних речовин, на якість насіння. Їхні дослідження вказує на те, що оптимізація цих умов може значно поліпшити як схожість насіння, так і їх врожайність [108].

У статті інших авторів обговорюється важливість вивчення адаптаційних механізмів світграсу до змін клімату. Зокрема, дослідження акцентує на тому, як стресові умови можуть вплинути на формування як врожайності біомаси, так і якості насіння [109]. Це підтверджено і нашими дослідженнями [110].

Отже, сучасні дослідження підтверджують, що умови вирощування, включаючи кліматичні фактори, агрономічні практики, сорти та використання

добрив, суттєво впливають на якість насіння світчграсу. Подальші дослідження в цій області можуть допомогти в розробці більш ефективних агрономічних стратегій для покращення якості насіння.

Таким чином можна зробити попередній висновок про те, що для підвищення посівних якостей насіння світчграсу необхідно враховувати як генетичні, так і агрономічні аспекти. Застосування комплексного підходу у дослідженнях може сприяти оптимізації технологій вирощування проса прутіподібного на насіння та збільшити його насіннєву врожайність.

Результати досліджень українських учених свідчать про високий потенціал світчграсу як культури для виробництва біомаси та насіння в Україні. Однак, для підвищення продуктивності культури важливо враховувати агротехнічні заходи та впроваджувати нові сорти, які краще адаптовані до сучасних умов господарювання. Поряд з цим, вибір сорту є ключовим фактором, що визначає врожайність насіння прутіподібного проса. Українські вчені встановили, що сучасні сорти, створені з урахуванням місцевих кліматичних умов та технологічних вимог, мають великий потенціал для підвищення врожайності насіння, особливо в степових та лісостепових регіонах України [111–113].

На основі публікацій українських та зарубіжних авторів визначено, врожайність біомаси проса прутіподібного залежить від численних факторів, включаючи генетичні особливості сортів, ширину міжряддя, кліматичні умови та стійкість до шкідників і хвороб. Іноземні дослідження демонструють, що оптимальний вибір сорту і ключових аспектів технології вирощування може значно підвищити продуктивність культури, роблячи її важливою для виробництва біоенергії в умовах сучасних кліматичних змін.

Різноманітні сорти прутіподібного проса мають суттєві відмінності у врожайності насіння залежно від кліматичних умов регіону вирощування. Дослідження іноземних вчених показали, що оптимальні сорти для посушливих, вологих та помірних регіонів різняться за своїми фізіологічними характеристиками та здатністю адаптуватися до місцевих умов. Тому, вибір

сорту, поряд з агротехнологією вирощування культури, є ключовим фактором у досягненні високої врожайності насіння проса прутоподібного.

Загалом, наявні наукові дослідження показують, що комплексний підхід до технології вирощування проса прутоподібного, з урахуванням родючості ґрунтів і підбору сортів, за оптимізації норм висіву насіння, контролю за захворюваннями рослинами та управління системою живлення рослин може суттєво підвищити продуктивність культури [114, 115]. Водночас, авторський колектив науковців на чолі з В.В. Дригою встановив, що якість насіння залежала від групи стиглості сортозразків проса прутоподібного. Найвищі показники посівних якостей насіння за енергією проростання та схожістю мало насіння дуже раннього сортозразка Дакота, відповідно – 50 та 52 % та середньораннього Самбурст – 50 і 53 %. Енергія проростання і схожість насіння ранньостиглого сортозразку Форестбур, середньораннього Небраска та середньопізнього Кейв-ін-рок була на рівні, відповідно – 30–34 % та 32–35 %, а значно нижча якість насіння отримано в середньопізніх сортозразків, а найнижча – в дуже пізнього [116].

Іншими дослідженнями В. А. Дороніна разом із співавторами доведено, що за сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями з швидкістю повітря в аспіраційному каналі 5,8 м/сек. схожість насіння істотно збільшилася – на 10 %, а маса 1000 штук – в 1,2 рази порівняно з контролем – без сортування. Збільшення швидкості повітря до 7,0 м/сек. не забезпечило істотного підвищення схожості насіння порівняно з варіантом, де швидкість повітря становила 5,8 м/сек., а втрати насіння у відхід збільшилися на 36,8 % [117].

Поглиблене вивчення вищеперелічених аспектів може допомогти в розробці ефективних стратегій для поліпшення продуктивності та якості насіння проса прутоподібного. Водночас, комплексний підхід щодо дослідження посівних якостей насіння світграсу вказує на значущість комбінованого впливу генетичних, агрономічних і екологічних факторів.

Розуміння цих взаємозв'язків може суттєво поліпшити стратегії вирощування якісного насіння проса прутоподібного та підвищити продуктивність рослин.

Висновки до розділу 1:

1. На основі аналізу літературних джерел визначено, що вибір сортів проса прутоподібного є важливим чинником, який визначає рівень врожайності як біомаси, так і насіння. Відповідно висновків українських та іноземних вчених визначено, що ключовим аспектом для підвищення продуктивності культури є селекція адаптованих сортів, здатних ефективно використовувати ресурси у різних кліматичних умовах. Впровадження таких сортів може значно підвищити ефективність використання земельного ресурсу для вирощування біомаси з мінімальними екологічними наслідками.

2. Визначено, що удосконалення елементів технології вирощування проса прутоподібного дозволяє створити умови близькі до оптимальних для росту й розвитку рослин протягом вегетаційного періоду. Передусім це: строки й способи сівби, норма висіву насіння та догляд за рослинами під час вегетації, в т.ч. і обґрунтована система внесення добрив. Що в свою чергу позначається на кінцевому результаті – врожайності надземної вегетативної біомаси (сировини для виробництва біопалив) та насінневої продуктивності.

3. За вирощування проса прутоподібного задля отримання насіння, науковці пропонують підбирати адаптовані сорти до умов культивування, вирощувати насінники з урахуванням агротехнологічних рекомендацій. При цьому, рекомендовано найкращі параметри для сівби культури: ширина міжряддя, строки й норми висіву насіння, та агрозаходи по догляду за посівами, в тому числі: підживлення та захист рослин від шкідливих організмів. Існують вимоги й до збирання врожаю насінників, доробки насіння для поліпшення його якості.

Публікації автора до розділу 1: 1, 34, 85, 110, 114, 115.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень

Дослідження відповідно теми дисертації проводились протягом 2015–2019 років – на базі Полтавського державного аграрного університету МОН на «Колекції енергетичних культур», а протягом 2019–2024 років – в польових умовах Весело-Подільської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН. Місця проведення дослідження відносяться до зони недостатнього зволоження центральної частини лівобережної зони Лісостепу України.

Лабораторні аналізування рослин й насіння проса прутоподібного здійснювалися в сертифікованій науковій лабораторії агроекологічного моніторингу Полтавського державного аграрного університету.

2.1.1. Ґрунтові умови

Ґрунт дослідних ділянок Полтавського державного аграрного університету Полтавського ДАУ – чорнозем типовий слабосолонцюватий середньогумусний середньосуглинковий (рис. 2.1), який характеризується наступними агрохімічними показниками орного шару:

- вміст гумусу 5,8 %,
- лужногідролізований азот 140,0 мг/кг ґрунту,
- фосфор 181,0 мг/кг ґрунту,
- калій 143,2 мг/кг ґрунту,
- сірка 6,0 мг/кг ґрунту,
- кальцій 12,5 мг-екв/100 г ґрунту,
- магній 0,75 мг-екв/100 г ґрунту,
- рН сольове 7,20.

Дослідні ділянки вирівняні за рельєфом.

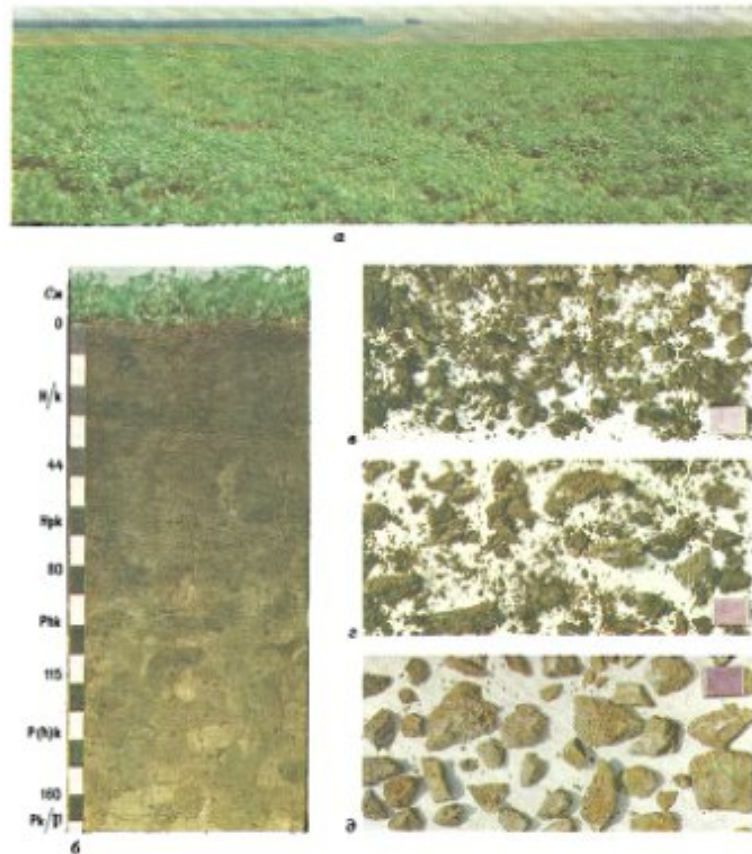


Рис. 2.1. Морфологічна будова профілю чорноземів типових (потужних) середньогумусних на лесі [118, 119]

Грунтові умови дослідних ділянок в умовах с. Веселий-Поділ – чорнозем типовий слабосолонцюватий малогумусний середньосуглинковий (рис. 2.2), який характеризується наступними агрохімічними показниками орного шару:

- вміст гумусу 4,6 %,
- лужногідролізований азот 120,0 мг/кг ґрунту
- фосфор 60,2 мг/кг ґрунту
- калій 153,2 мг/кг ґрунту
- рН сольове 7,3.

Дослідні ділянки рівнинні за рельєфом, глибина залягання ґрунтових вод становить 3-5 м.

Морфологічна будова профілю чорноземів звичайних середньоглибоких малогумусних наведено на рис. 2.2.

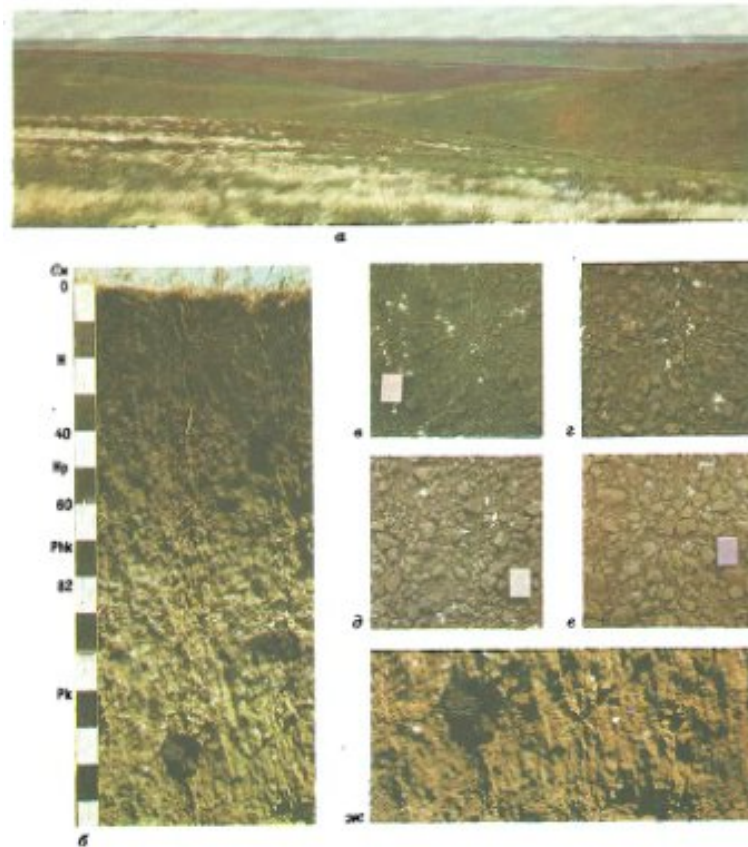


Рис. 2.2. Морфологічна будова профілю чорноземів звичайних середньоглибоких малогумусних [118, 119]

Отже, ґрунтові умови двох місць проведення досліджень в цілому придатні для вирощування всіх сільськогосподарських культур, в тому числі і проса прутоподібного.

2.1.2. Кліматичні умови

Встановлено, що найбільш сприятливі території для вирощування енергокультур, це ті, де середньорічна кількість опадів становить не менше 420 мм на рік, а оптимальна – понад 550 мм. Поряд з цим, при характеристиці природних умов території України для вирощування сільськогосподарських та енергокультур необхідно враховувати комплекс еколого-кліматичних чинників: коефіцієнт зволоження, вологість клімату, середньорічну температуру повітря, лісистість території та ін. [120].

Клімат місяця проведення досліджень – помірно-континентальний з нестійким (в деякі роки – недостатнім) зволоженням, холодною зимою і жарким, а, в деяких роках – спекотним і посушливим літом.

Рівень зволоження Полтавського району протягом року – нерівномірний: у центральній частині характеризуються недостатнім зволоженням, у південно-східній – посушливими умовами. Полтавська область в цілому поділяється на 4 зони, які характеризуються певними особливостями за температурою та кількістю опадів [121].

Наші дослідження були розташовані у 2 точках, до яких відносяться метеостанції: м. Полтава та с. Веселий Поділ [122, 123].

В умовах м. Полтави середньорічна температура повітря за даними $+9,7^{\circ}\text{C}$, що вище вище середньобагаторічного значення на $2,1^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим місяцем є січень, з середньою температурою повітря $-5,9^{\circ}\text{C}$ морозу, у третій декаді січня відмічалось зниження мінімальної температури повітря до $21,2^{\circ}\text{C}$ морозу. Найтеплішим місяцем є серпень, з середньою температурою повітря $+23,2^{\circ}\text{C}$, максимум температури повітря припадає на першу декаду серпня ($+35,7^{\circ}\text{C}$). Річна сума опадів сягає 443 мм, що становить 78 % середньо багаторічного значення.

В умовах с. Веселий Поділ середньорічна температура повітря становила $+9,8^{\circ}\text{C}$, що вище середньобагаторічного значення на $2,2^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішим був січень з середньою температурою повітря $-6,1^{\circ}\text{C}$ морозу, мінімальна температура повітря у третій декаді січня знижувалася до $22,6^{\circ}\text{C}$ морозу. Найтеплішим був серпень з температурою повітря $+23,2^{\circ}\text{C}$, максимальна температура повітря спостерігалася у серпні до $+36,7^{\circ}\text{C}$ градусів. Річна сума опадів становить 451мм, що сягає 88 % середньобагаторічного значення.

Характеризуючи погодні умови місць проведення досліджень протягом вегетаційного періоду проса прутоподібного за травень-жовтень, відмічаємо нерівномірності опадів. В окремі періоди росту й розвитку рослин років дослідження фіксували відсутність опадів. Відмічено також періоди

надмірного зволоження на фоні підвищених температур. Це в комплексі дозволило оцінити адаптивні властивості сортів проса прутоподібного (рис. 2.3-2.7).

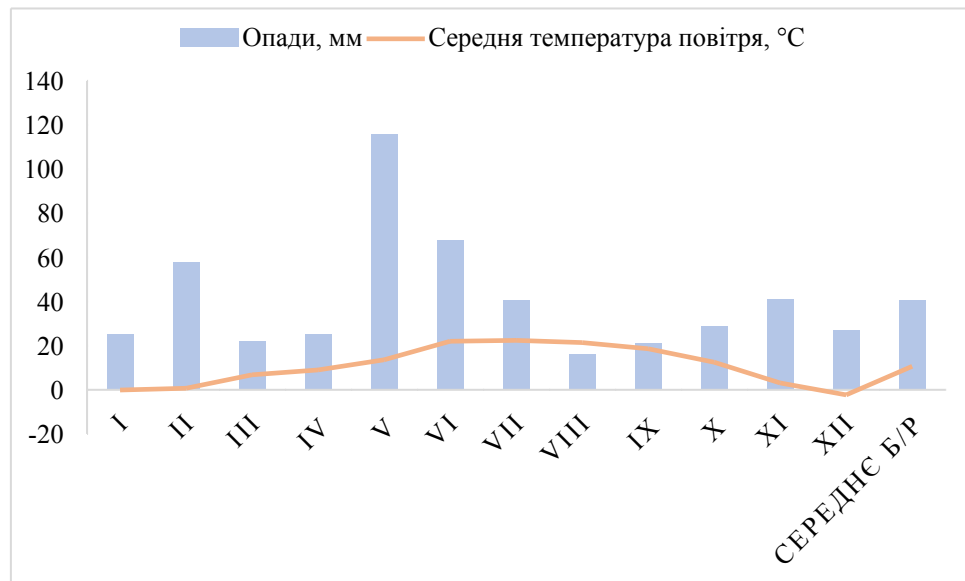


Рис. 2.3. Погодні умови періоду вегетації проса прутоподібного, 2020 р.

Протягом 2020 року найбільшу кількість опадів спостерігали протягом осінніх і літніх місяців, а тренд середньодобової температури повітря протягом весняного періоду – від 6,8 до 13,6 °C, протягом літнього періоду – від 21,4 до 22,4 °C.



Рис. 2.4. Погодні умови періоду вегетації проса прутоподібного, 2021 р.

У мовах 2021 року кількість опадів, що відмічена протягом весняно-літнього періоду була у межах – від 18,7 до 134,9 мм, з динамікою середньодобової температури повітря протягом весняного періоду – від 1,5 до 15,5 °С, протягом літнього періоду – від 20,2 до 24,2 °С.

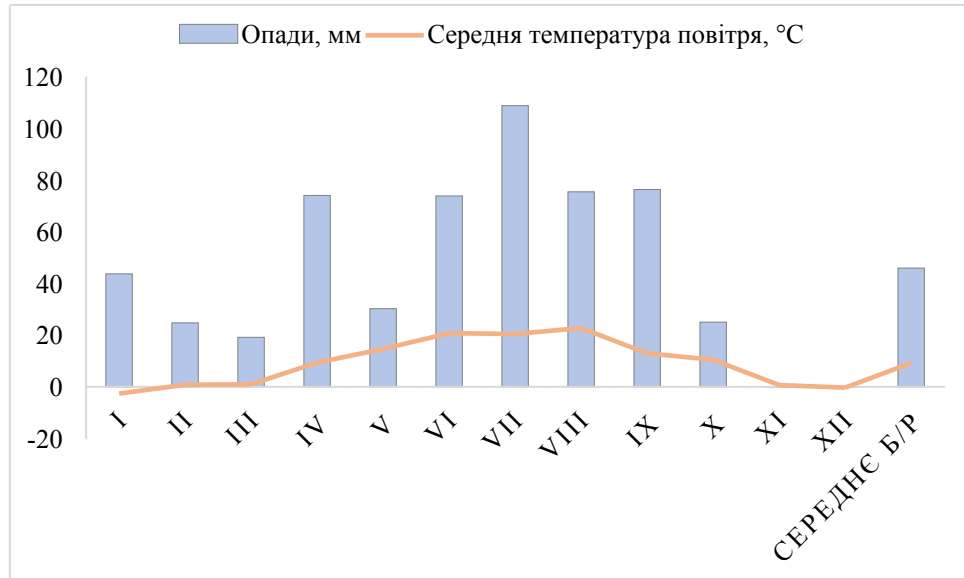


Рис. 2.5. Погодні умови періоду вегетації проса прутоподібного, 2022 р.

Протягом 2022 року найбільшу кількість опадів фіксували протягом осінніх місяців, а літніх місяців – цей показник був у межах 30,3-109,0 мм, а тренд середньодобової температури повітря впродовж весняного періоду – від 1,0 до 14,7 °С, протягом літнього періоду – від 20,5 до 22,8 °С.

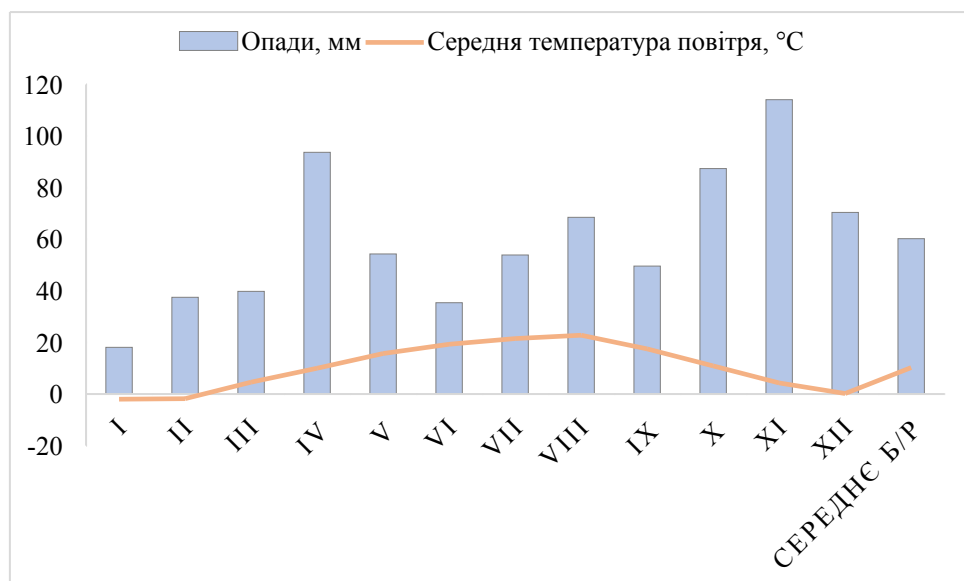


Рис. 2.6. Погодні умови періоду вегетації проса прутоподібного, 2023 р.

Протягом 2023 року найбільша кількість опадів випало протягом осінніх місяців, а літніх місяців – цей показник був у межах 54,3-98,5 мм, а тренд середньодобової температури повітря впродовж весняного періоду – від 4,6 до 15,7 °С, протягом літнього періоду – від 19,3 до 22,8 °С.



Рис. 2.7. Погодні умови періоду вегетації проса прутоподібного, 2024 р.

Протягом 2024 року порівняно із середньобагаторічними показниками низьку кількість опадів відмічали протягом осінніх місяців (4,3-62,5 мм), а літніх місяців – цей показник був у межах 0,6-63,9 мм, з відчутною посухою протягом липня-серпня, динаміка середньодобової температури повітря впродовж весняного періоду була в межах від 4,2 до 15,5 °С, протягом літнього періоду – від 21,8 до 23,3 °С.

Загалом кліматичні умови в роки проведення досліджень були контрастними, з відхиленням від середньобагаторічних показників в окремі періоди росту і розвитку рослин проса прутоподібного (Додаток А). Це дозволило об'єктивно оцінити реакції досліджуваних сортозразків на погодні умови вирощування за гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) та визначити їх адаптивні властивості рослин (рис. 2.8).

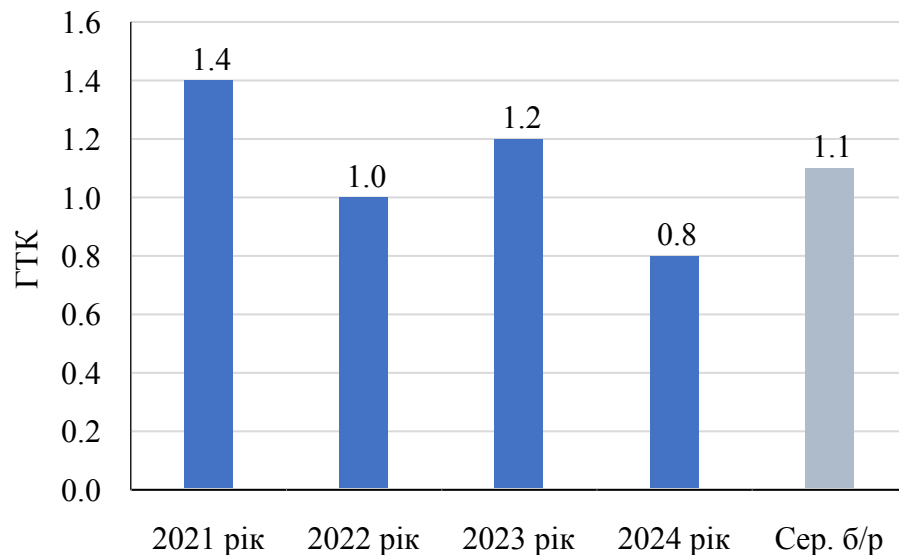


Рис. 2.8. Гідротермічний коефіцієнт періоду вегетації проса прутоподібного, 2021-2024 рр.

У зоні недостатнього зволоження (центральна частина Лісостепу) протягом років дослідження за весняно-літній період вегетації проса прутоподібного ГТК змінювався у межах – від 0,8 до 1,4. Середній багаторічний ГТК 1,1. У сприятливому за погодними умовами 2022 році ГТК був на рівні 1,0, в більш оптимальних 2021 і 2023 роках відповідно 1,4 та 1,2, а у посушливому 2024 році – лише 0,8.

Отже, погодні умови вегетаційного періоду років дослідження були задовільними для отримання сходів і нормального росту та розвитку рослин проса прутоподібного в подальшому. Основна вимога при цьому була – наявність вологи в ґрунті в початковий період росту й розвитку рослин цієї культури. Згодом, після переходу на втотрофне живлення та укорінення рослини проса прутоподібного здатні забезпечувати себе вологою та поживними речовинами. Це відбувалося за рахунок інтенсивного розростання фітоценозу, фотосинтезу та накопичення органічних речовин у надземній вегетативній масі.

2.2. Методика проведення досліджень

Програмою наукових досліджень передбачено проведення наступних польових дослідів: 1–3.

Дослід 1. Вивчити вплив сортових властивостей та погодних умов на формування врожайності насіння проса прутоподібного (2021–2023 рр.)

Мета дослідження – встановити вплив еко типу й сортових властивостей на врожайність й вихід схожого насіння проса прутоподібного. Для вирішення проблематики дослідження були виокремлені наступні завдання:

1. Виявити адаптивні властивості сортозразків проса прутоподібного залежно від еко типу;
2. Визначити особливості формування кількісних показників рослин проса прутоподібного залежно від еко типу сорту;
3. Встановити рівень урожайності насіння проса прутоподібного залежно від досліджуваних чинників;
4. Обґрунтувати вплив еко типу й сортових властивостей проса прутоподібного на вихід схожого насіння та його якість.

Матеріалом дослідження слугували сортозразки проса прутоподібного різних еко типів: Кейв-ін-рок, Блеквелл, Патфіндер, Картадж, Шелтер, Форестбург, Санбурст, Дакота, Небраска, Канлоу, Аламо, Пангбурн, Зоряне, Морозко та Лядівське.

Повторність досліду чотириразова. Ділянки в межах кожної із чотирьох повторень розміщені рендомізовано. Площа облікової ділянки становила 5,0 м² (рис. 2.9).

1	6	14	5	12	2	11	7	8	10	15	9	13	4	3	I
4	3	6	1	8	11	13	14	2	12	10	5	9	15	7	II
14	12	10	2	3	8	5	4	13	9	1	7	6	11	15	III
10	2	7	4	15	11	6	14	13	9	3	12	1	5	8	IV

**Примітка:* 1 – Carthage, 2 – Shelter, 3 – Forestburg, 4 – Sunburst, 5 – Dacotah, 6 – Cave-in-Rock, 7 – Nebraska, 8 – Blackwell, 9 – Pathfinder, 10 – Kanlow, 11 – Alamo, 12 – Pangburn, 13 – Морозко, 14 – Лядовське, 15 – Зоряне.

Рис. 2.9. Схема досліду 1

Вивчення сортів світчграсу проводили відповідно затверджених методик [124, 125, 126]. Агротехнологічні заходи в досліді здійснені згідно затверджених наукових рекомендацій [127, 128].

Біометричні вимірювання з визначення кількісних показників рослин проводили згідно відповідних методик [129]. Збір врожаю насіння та облік кількісних показників вегетативної й генеративної частини 50 рослин з кожного повторення здійснювали на час закінчення вегетації культури. Вихід схожого насіння та його якість проводили згідно затвердженої методики [130].

Дослід 2. Визначити урожайність та якість насіння сортів проса прутіподібного залежно від умов вирощування (2021-2023 рр.).

Мета дослідження – виявити оптимальні градації елементів технології вирощування материнських рослин на урожайність насіння сортів проса прутіподібного.

Для досягнення мети було вирішено наступні завдання:

1. Визначити урожайність насіння проса прутіподібного у сортів різного походження, залежно від елементів технології вирощування культури;
2. Встановити мінливість посівних якостей насіння досліджуваних сортів, залежно від умов вирощування материнських рослин.

Матеріалом для дослідження були сорти проса прутіподібного: Зоряне, Кейв-ін-рок і Морозко. Експеримент – дво- та багатофакторний, проведений в стаціонарному досліді (рис. 2.10).

Роки	ТВ	I	II	III	VI
A1	Б.1	Кейв-ін-рок	Зоряне	Морозко	Кейв-ін-рок
		Зоряне	Морозко	Кейв-ін-рок	Зоряне
A2		Морозко	Кейв-ін-рок	Зоряне	Морозко
A3	Б.2	Кейв-ін-рок	Зоряне	Морозко	Кейв-ін-рок
		Зоряне	Морозко	Кейв-ін-рок	Зоряне
		Морозко	Кейв-ін-рок	Зоряне	Морозко

*Примітка: A1 – 2021 р., A2 -2022 р., A3 – 2023 р.

Рис. 2.10. Схема досліді 2

Другий дослід (2021-2023 рр.). Перелік досліджуваних чинників: фактор А – роки дослідження; фактор Б – технологія вирощування проса прутоподібного на насіння: варіант 1: звичайна (ЗТ) – норм висіву насіння 5–8 кг/га (залежно від крупності насіння), ширина міжряддя 45 см і підживлення посівів (N30); варіант 2: оптимізована (ОТ) – весняна сівба насінневого матеріалу визначеною нормою висіву насіння (для сорту Зоряне 5,7 кг/га, для сорту Кейв-ін-рок – 7,6 кг/га, для сорту Морозко – 7,9 кг/га) за широкорядного способу сівби (міжряддя 60 см) та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N)₄₅ на фоні основного удобрення та (РК)₆₀.

У досліді проводили обліки і спостереження та аналізування згідно загальноприйнятих та спеціальних наукових методик та рекомендацій [126-128, 130]. Облік урожайності проводили методом суцільного обліку, який передбачає збирання насіння із всієї ділянки з кожного повторення у період його дозрівання на час закінчення вегетації рослин [129]. Статистичну обробку отриманих даних проводили із застосуванням методу дисперсійного аналізу [131, 132].

Дослід 3. Обґрунтувати вплив підживлення насінневих посівів проса прутоподібного на урожайність та якість насіння (2021-2023 рр.).

Мета дослідження – визначити вплив підживлення насінневих посівів хелатним препаратом 'Kristalon Special' на формування біометричних показників рослин та насіннєву продуктивність проса прутоподібного.

Завдання досліджень:

1. Виявити вплив підживлення насінневих посівів різними концентраціями препарату 'Kristalon Special' на біометричні показники рослин, якість насіння й насіннєву продуктивність проса прутоподібного

2. Встановити взаємозв'язок між біометричні показники рослин й врожайністю насіння проса прутоподібного.

Схема дослід з вивчення вплив підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного на урожайність насіння наведено на рис. 2.11.

Роки	Повторення			
	I	II	III	VI
2021 2022 2023	вар. 2	вар. 7	вар. 5	вар. 4
	вар. 6	вар. 1	вар. 7	вар. 5
	вар. 4	вар. 5	вар. 2	вар. 1
	вар. 7	вар. 2	вар. 6	вар. 6
	вар. 1	вар. 4	вар. 3	вар. 2
	вар. 3	вар. 6	вар. 4	вар. 3
	вар. 5	вар. 3	вар. 1	вар. 7

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Рис. 2.11. Схема дослід 3

Дослід двофакторний, що містив: фактор А – рік вегетації культури: перший – третій, та фактор В – варіанти весняного підживлення посівів проса прутоподібного хелатним препаратом 'Kristalon Special' різної концентрації: вар. 1 – без позакореневої обробки рослин (контроль), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату. Матеріалом для цього дослідження був сорт проса прутоподібного Зоряне.

Закладання і проведення польових дослідів здійснювали відповідно до методики дослідної справи в агрономії [133–135], та з урахуванням методик [136–138]. Врожайність насіння проса прутоподібного визначали шляхом суцільного збору рослин з ділянок кожного з чотирьох повторень за варіантами дослід, з послідуочим обмолотом й зважуванням насіння та перерахунку на гектарну площу.

Супутні обліки рослин із снопових зразків та аналізування насіння проса прутоподібного проводили за наступними методиками:

- масу 1000 насінин визначали згідно ДСТУ 4138-2002 [139], посівні якості насіння визначали згідно методикою, розробленою ІБКіЦБ «Визначення якості насіння проса прутоподібного (свічграсу) *Panicum virgatum* L. : методичні рекомендації / М. В. Роїк, В. А. Доронін, Ю. А. Кравченко, В.В. Дрига, В. В. Доронін, Г. С. Гончарук. К. : ІБКіЦБ, 2020. 10 с.» [140];

- польову схожість насіння, як відношення кількості висіяного насіння до того, що дало сходи та густоту рослин визначали на закріплених ділянках площею 1,0 м² у чотирьох місцях по діагоналі ділянки;

- визначення норми висіву насіння проса прутоподібного проводили виходячи з посівної придатності насіння та з урахуванням заданої густоти стояння рослин [141, 142];

- фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проса прутоподібного протягом вегетаційного періоду проводили згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур та іншими затвердженими методиками для енергетичних культур [138];

- оцінювання морозостійкості, посухостійкості та стійкості до вилягання проводили польовим методом шляхом підрахунку рослин, які збереглися на закріплених площадках, окомірним описом й розподілом на бали (шкала 0...5). Оцінювання провели навесні під час відновлення вегетації рослин й восени – на час закінчення вегетації;

- відбір снопового матеріалу проводили за один-два дні до початку збирання врожаю з площі 1 м² у чотирьох місцях ділянки. Структурний аналіз урожаю проводився за визначення кількісних показників вегетативної та генеративної частини 50 рослин;

- аналіз структури травостою і окремих рослин проводили за наступними показниками: кількість рослин, кількість і маса пагонів різних типів на одиницю площі або на рослину. Проби для аналізу відбирали перед

збиранням врожаю із закріплених площадок двох несуміжних повторень кожного сортозразка (1 м²). При аналізі проби розділяли на складові: генеративні пагони – стебла з суцвіттям, видовжені вегетативні пагони – стебла з видовженими міжвузлями, але без суцвіття; вкорочені вегетативні пагони без видовжених міжвузль і суцвітть;

- облік урожаю біомаси та насіння проводили шляхом збирання із всієї ділянки малогабаритними комбайнами або ручним методом з наступним обмолотом снопів. Облік супроводжують аналізом структури насінневого травостою для розрахунку біологічного врожаю, з наступним перерахунком на 1 га. Проби для аналізу відбирають перед збиранням насіння з одного погонного метра у двох несуміжних повтореннях [143];

- вміст сухої речовини рослинної сировини визначали шляхом висушування зразка до абсолютно сухої маси в сушильній шафі СЕШ-3М при температурі 100–105 °С упродовж 4–6 годин, з послідуєчим охолодженням, зважуванням проб і відповідним перерахунком;

- математичний аналіз результатів польових дослідів проводили за програмами дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізів на персональному компютері із застосуванням ліцензійної комп'ютерної програми «Statistica 6,0» [144];

- економічну ефективність досліджуваних чинників за вирощування проса прутоподібного на насіння оцінювали за загальноприйнятою методикою з урахуванням наступних показників: C_v – виробнича собівартість, грн/т; C_n – повна собівартість, грн/т; V_p – виручка від реалізації біомаси, грн; P_p – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн; P – рівень рентабельності виробництва, % [145].

- енергетичну ефективність виробництва насіння проса прутоподібного визначали відповідно методики [146, 147]. При цьому застосовували основні показники: $V_{сн}$ – вихід схожого насіння, т/га; $E_{тп}$ – сукупна енергія, накопичена в насінні, ГДж/га, E_c – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га насінневих посівів, ГДж/га; EM – енергомісткість технології виробництва,

ГДж/т; P_p – енергетичний прибуток вирощування насіння, ГДж/га;
 K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва насіння. При цьому,
 враховували те, що $1 \text{ ГДж} = 1000 \text{ МДж}$.

2.3. Характеристика сортозразків проса прутоподібного та препарату

Характеристика сортів та сортозразків задіяних у дослідженні наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристика сортозразків проса прутоподібного

Сортозразок		Маса 1000 насінин, г	Оригінатор	Походження	Рік реєстрації
Українська назва	Латинська назва				
Картадж	Carthage	1,48	NRCS Нью-Джерсі, Центр рослинних матеріалів	US	2006
Блеквелл	Blackwell	1,42	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Манхеттен, Канзас; Канзаська сільськогосподарська ДС	US	1944
Патфіндер	Pathfinder	1,87	Небраська с/г ДС; USDA-ARS	US	1967
Шелтер	Shelter	1,79	Служба охорони ґрунтів; Корнельський університет; Відділ охорони навколишнього середовища риб та дикої природи Нью-Йорка у Пенсильванії	US	1986
Кейв-ін-рок	Cave-In-Rock	1,66	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Elsberry, Міссурі; Міссурійська с/г ДС	US	1973
Форестбург	Forestburg	1,46	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Північна Дакота; USDA-ARS; Північна Дакота, Південна Дакота, штат Міннесота, сільськогосподарська ДС	US	1987
Санбурст	Sunburst	1,98	Південна Дакота, Сільськогосподарська ДС	US	1983
Дакота	Dacotah	1,48	USDA-ARS; Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Північна Дакота; Північна Дакота та Міннесота, сільськогосподарські ДС	US	1989
Небраска	Nebraska	1,62	Небраська сільськогосподарська дослідна станція; USDA-ARS; Відділ розплідників, Служба охорони ґрунтів	US	1949

Продовження табл. 2.1

Сортозразок		Маса 1000 насінин, г	Оригіатор	Похо- джен ня	Рік реє- страції
Українська назва	Латинська назва				
Канлоу	Kanlow	0,85	Канзаська сільськогосподарська ДС; Відділ науки про рослини APC	US	1963
Аламо	Alamo	0,94	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Нокс-Сіті, Техас; Техаська сільськогосподарська ДС	US	1978
Морозко*	Morozko	1,49	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA	2015
Зоряне*	Zoriane	1,78	Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка Національної академії наук України	UA	2015
Лядовське*	Lyadoske	1,42	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA	2019

Примітка: US – США, ДС – дослідна станція. * Інтернет-ресурс [147, 148].

За походженням більшість сортозразків проса прутоподібного, що були залучені до вивчення походять із Америки: Carthage, Shelter, Forestburg, Sunburst, Dacotah, Cave-in-Rock, Nebraska, Blackwell, Pathfinder, Kanlow, Alamo та Pangburn, чотири сорти української селекції: Морозко, Лядовське, Зоряне – сорти зареєстровані та внесені в Реєстр рослин придатних до поширення на території України.

Згідно існуючого поділу за морфо-ознаками та біологічними особливостями рослин, сорти проса прутоподібного поділяють за еколого-географічним підходом. Згідно цього розподілу визначено, що до височинного екотипу відносять сорти проса прутоподібного – Картадж, Шелтер, Форестбург, Санбурст, Дакота, Кейв-ін-рок, Небраска, Блеквелл, Патфіндер та сорти української селекції – Зоряне, Лядовська та Морозко, до низовинного – Канлоу, Аламо та Пангбурн. Визначено, що низовинні екотипи менш вологостійкі, рослини формують високі, товсті, грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний екологічний тип рослин більш адаптований до сухого клімату, рослини мають тонші стебла, ніж низовинні та більшу їх кількість у кущі [124].

Визначено, що сортозразки проса прутоподібного за масою 1000 насінин мають незначне варіювання у групі височинних сортів – від 1,42 до 1,98 г, а у низовинних екотипів крупність насіння виявилась значно меншою та змінювалася у межах – від 0,85 до 0,94 г [125].

Характеристика препарату 'Kristalon Special'.

Хелатний препарат 'Kristalon Special', що застосовували у досліді за вмістом (NPK)₁₈ містить збалансований уміст макро-, мезо- та мікроелементів. Рекомендовано препарат вносити у фазі 4–6 листків по вегетації рослин родини тонконогових шляхом позакореневого підживлення посівів. Даний препарат застосовували у фазі весняного кушіння рослин проса прутоподібного. Для цього, в день внесення готували робочий розчин, додаючи від 0,3 до 1,5 кг/га препарату на 100 літрів води залежно від варіанта досліді (від 10-ти % до 100% концентрації) [150].

Висновки до розділу 2:

1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення дослідження в загальному відповідають біологічним особливостям проса прутоподібного й дозволяють отримати насіння в умовах центральної частини Лісостепу України. Окремі відхилення погодних умов під час вегетаційного періоду дозволили оцінити реакцію на них рослин за адаптивними властивостями досліджуваної культури.

2. Науково-методичний підхід застосований під час проведення експерименту відповідає методиці дослідної справи в агрономії. Польові досліді закладено й здійснено відповідно затверджених науково-практичних й методичних рекомендації та наукових методик. Лабораторні дослідження – в сертифікованій лабораторії.

3. Для підтвердження достовірності отриманих цифрових даних застосовували методи математичної статистики (дисперсійний аналіз) з розрахунком HP_{05} при 5-ти% рівні значущості, коефіцієнтів кореляції й детермінації (регресійний аналіз) та побудови на основі них графіків.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЕКОТИПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОРТІВ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

3.1. Адаптивність рослин та тривалість вегетаційного періоду проса сортів прутоподібного залежно від екотипу

Визначено, за екотипом сорти проса прутоподібного поділяють у дві групи височинні та низовинні екотипи. Екотипічні властивості рослин кожної групи мають відмінні особливості за морфо-метричними параметрами рослин та адаптивними властивостями. Визначено, що низовинні екотипи менш вологостійкі, рослини формують високі, товсті та грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний екологічний тип рослин проса прутоподібного більш адаптований до сухого клімату, рослини мають тонші стебла, ніж низовинні та більшу їх кількість у кущі [151, 152].

До височинного екотипу відносимо більшість досліджуваних сортів проса прутоподібного: Картадж, Шелтер, Форестбург, Санбурст, Дакота, Кейв-ін-рок, Небраска, Блеквелл, Патфіндер, Зоряне, Лядовське та Морозко до низовинного – сорти Канлоу, Аламо та Пангбурн. (рис. 3.1).

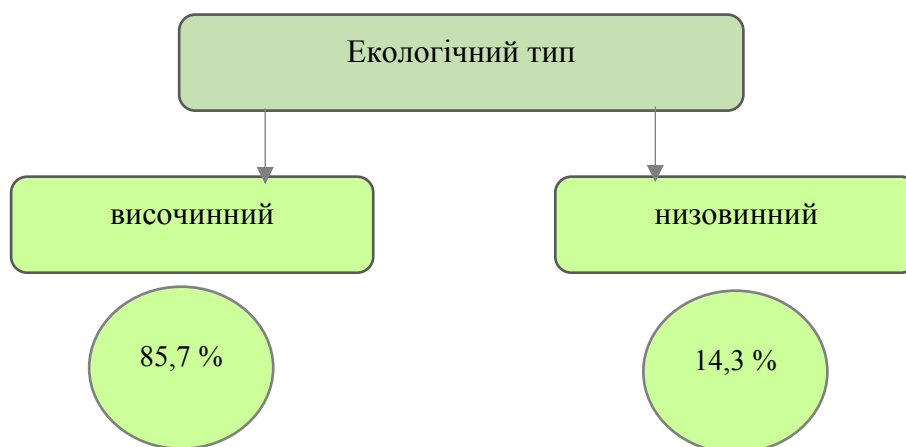


Рис. 3.1. Розподіл сортів проса прутоподібного за екологічною групою (екотипом)

Сорти проса прутоподібного, як відмічено вище за екологічними характеристиками поділяються на височинні та низовинні. Приналежність до певного екотипу обумовлене походженням культивару, а також різними пристосувальними реакціями рослин до певних географічних умов середовища існування, або ж культивування. Низовинні екотипи проса прутоподібного менш зимостійкі в перший рік вегетації. Такі рослини формують більш високий і щільний стеблостій. Вони ростуть швидше, в порівнянні з височинними, які мають більш тонкі стебла і часто зустрічаються напіврозлогі форми [153].

Дані біологічні особливості знайшли підтвердження також і у наших попередніх дослідженнях. За результатами яких встановлено, що за вирощування на одній географічній широті різних сортів проса прутоподібного проявлятимуться їх специфічні екотипічні властивості. Тобто, північні екотипи формують окремі біометричні показники рослин нижчі, ніж південні. Поряд з цим, вони мають раннє цвітіння, відповідно і раніше дозрівання насіння. Височинні ж сорти проса прутоподібного формують насіння пізніше і мають вищу врожайність та вихід схожого насіння, в порівнянні з низовинними [154, 155].

Наші дослідження, що проведені в умовах центральної частини України засвідчують високу адаптивність інтродукованих сортів проса прутоподібного. Вони забезпечують високі та стабільні врожаї фітомаси за рахунок елементів структури врожаю, що формується під впливом абіотичних і біотичних чинників [156–158]. Що в комплексі, також впливає як на врожайність біомаси, так і на насінневу продуктивність сортів проса прутоподібного, що підтверджено результатами досліджень інших авторів [159].

Відповідно результатів нових досліджень визначено, що адаптивні властивості рослин: посухо- та морозостійкість, а також стійкість до вилягання у 15 сортів проса прутоподібного залежно від екотипу – різнилися (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Адаптивні властивості сортозразків проса прутоподібного залежно від екотипу, 2021–2023 рр.

Екотип	Сортозразок	Посухо- стійкість, бал	Морозо- стійкість, бал	Стійкість до вилягання, бал	Загальна стійкість, бал
Височинний	Картадж	4	4	4	4,0
	Блеквелл	4	5	3	4,0
	Патфіндер	4	5	3	4,0
	Шелтер	4	5	4	4,3
	Кейв-ін-рок	5	5	4	4,7
	Форестбург	5	4	5	4,7
	Санберст	4	4	4	4,0
	Зоряне	5	5	5	5,0
	Лядовське	5	5	4	4,7
	Морозко	5	5	4	4,7
	Дакота	3	3	4	3,3
	Небраска	3	3	4	3,3
Низовинний	Канлоу	4	3	5	4,0
	Аламо	4	3	5	4,0
	Пангбурн	3	2	3	2,7

Визначено, що сортозразки проса прутоподібного височинного екотипу: мають високу посухо- і морозостійкість – від 4–5 балів, окрім Дакота і Небраска. Для низовинного екотипу ці показники були на рівні або менше 4 балів. Водночас високу і середню стійкість до вилягання (від 4 до 5 балів) мали майже всі височинні екотипи, окрім Блеквелл, Патфіндер, та сорт Пангбурн з низовинного екотипу (3 бали).

Адаптивність сортів проса прутоподібного до умов вирощування наведено на рис. 3.2.

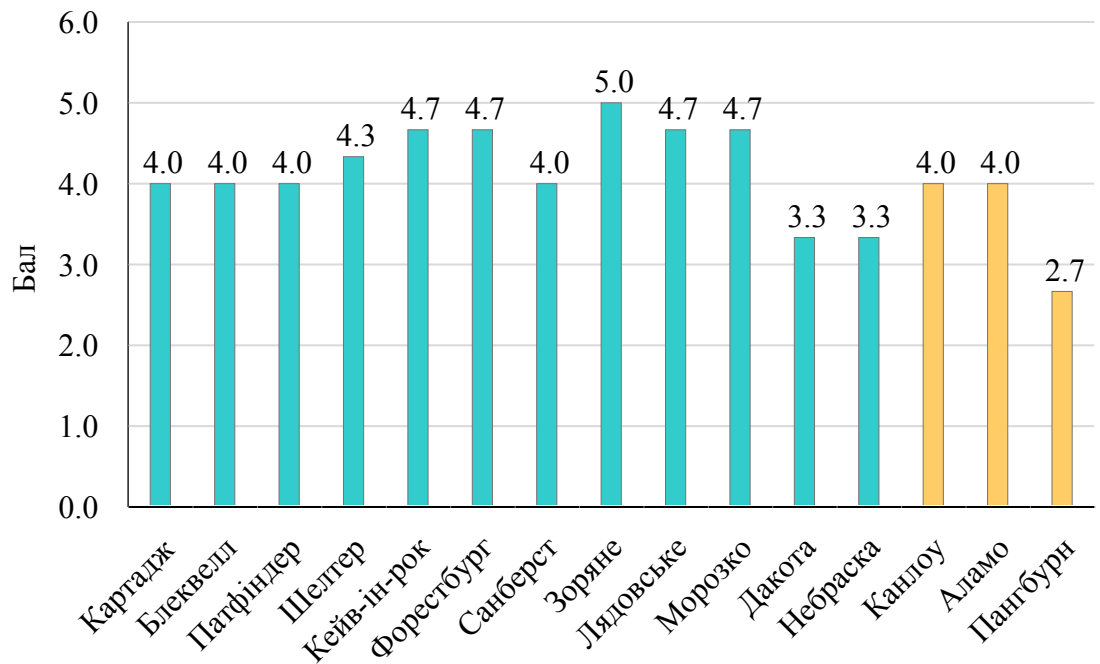


Рис. 3.2. Комплексна стійкість до умов вирощування сортів проса прутоподібного залежно від еко типу, 2021–2023 рр.

Таким чином висока комплексна стійкість рослин проса прутоподібного до умов вирощування притаманна сортам височинного еко типу (Кейв-ін-рок, Форестбург, Зоряне, Лядовське, Морозко) у порівнянні з низовинним.

В розрізі років дослідження відмочали різну тривалість вегетаційного періоду сортів проса прутоподібного (табл. 3.2, рис. 3.3).

Таблиця 3.2

Тривалість вегетаційного періоду проса прутоподібного залежно від еко типу, 2021–2023 рр.

Екотип сортів	Рік			Середнє за роки
	2021	2022	2023	
Височинні	174,0±8,4	170,0±12,2	168,0±10,4	170,7±10,3
Низовинні	184,0±8,2	182,0±12,4	179,0±10,6	181,6±10,4
НІР ₀₅	7,1	9,3	8,2	-

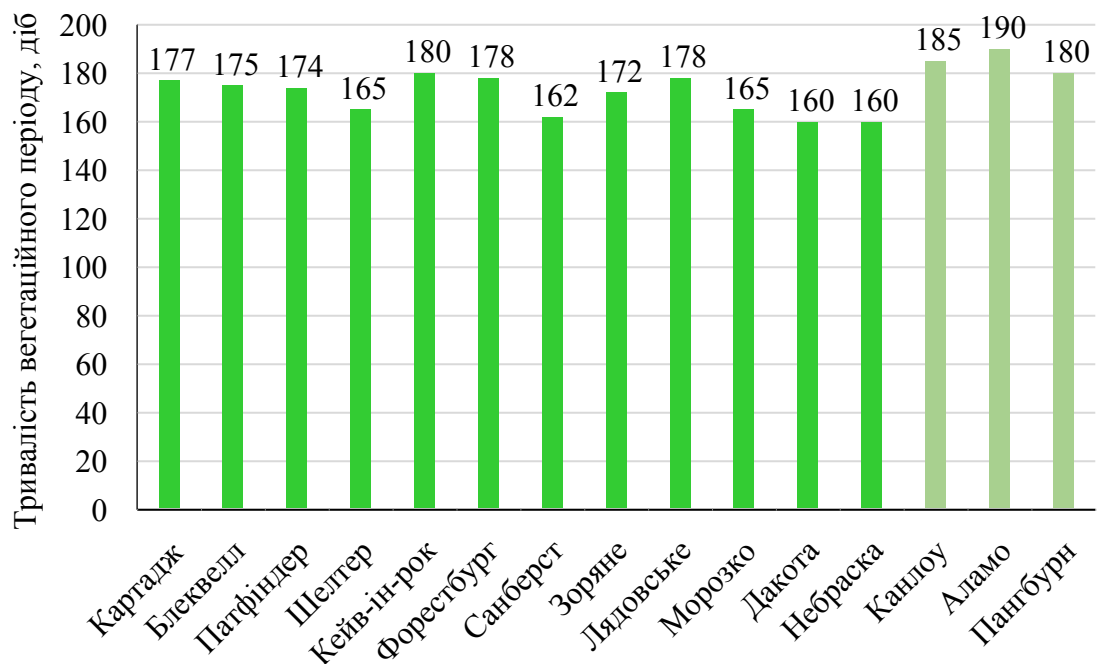


Рис. 3.3. Тривалість вегетаційного періоду сортів проса прутіподібного залежно від еко типу, 2021–2023 рр

У середньому за роки визначено, що найбільш тривалим вегетаційний період був у сортів проса прутіподібного низовинного еко типу – на 10,9 діб більше порівняно із височинними.

3.2. Вплив еко типічних властивостей на формування біометричних показників рослин проса прутіподібного

Основні кількісні (біометричні) показники рослин проса прутіподібного є висота й густина стеблостою, а також його облиственість, яка різниться за еко типами. На ці показники також впливають як погодні умови років дослідження, такі сортові властивості еко типів досліджуваних сортів.

За результатами обліку кількісних (біометричних) показників рослин проса прутіподібного визначено їх мінливість в розрізі еко типів протягом років дослідження (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Кількісні показники вегетативної частини рослин проса
прутоподібного, 2021–2023 рр.**

Екотип сортів	Довжина стебла, см	Середня кількість		Довжина прапорцевого листка, см
		стебел, шт./м ²	листіків на рослині, шт.	
Височинні	155,3±4,8	510,3±5,2	5,5±0,4	39,4±0,8
Низовинні	187,6±6,4	312,4±7,1	6,3±0,3	43,1±1,2
НІР ₀₅	5,4	15,6	0,4	1,1

У середньому за роки дослідження кількісні показники сортів проса прутоподібного були досить мінливими за екотипом. У височинних екотипів довжина стебла варіювала – від 155,5 до 160,3 см (в середньому 155,3 см), а кількість стебел на один м² – від 505,1 до 515,5 шт. (в середньому 510,3 шт./м²). При цьому середня кількість листків на рослині була від 5,1 до 5,9 шт., а довжина прапорцевого листка змінювалася – від 38,6 до 40,2 см.

Для низовинних екотипів проса прутоподібного зафіксована суттєво більша довжина стебла у досліджуваних сортів – від 194,0 до 181,2 см (в середньому 187,6 см), а кількість стебел на м² була суттєво меншою – від 305,3 до 319,5 шт. (в середньому 312,4 шт./м²). Відмічено істотно більшу кількість листків на рослині – від 6,0 до 6,6 шт., а довжина прапорцевого листка варіювала – від 41,9 до 44,3 см.

Відмінності між різними екотипами сортів проса прутоподібного за кількісними показниками вегетативної частини рослин графічно відображено на рис. 3.4–3.6.

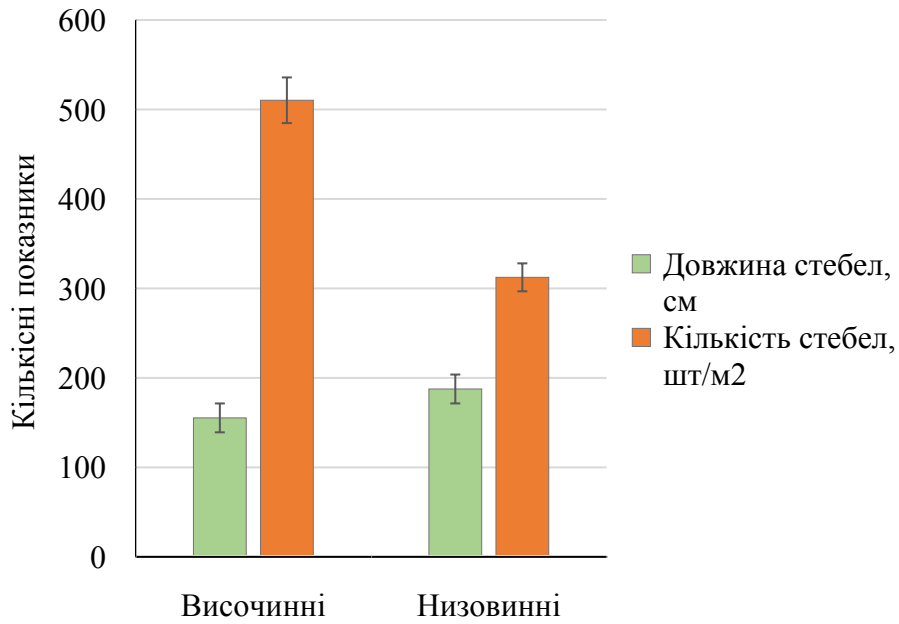


Рис. 3.4. Кількісні показники рослин пругоподібного (довжина стебел та густота рослин), середнє за 2021–2023 рр.

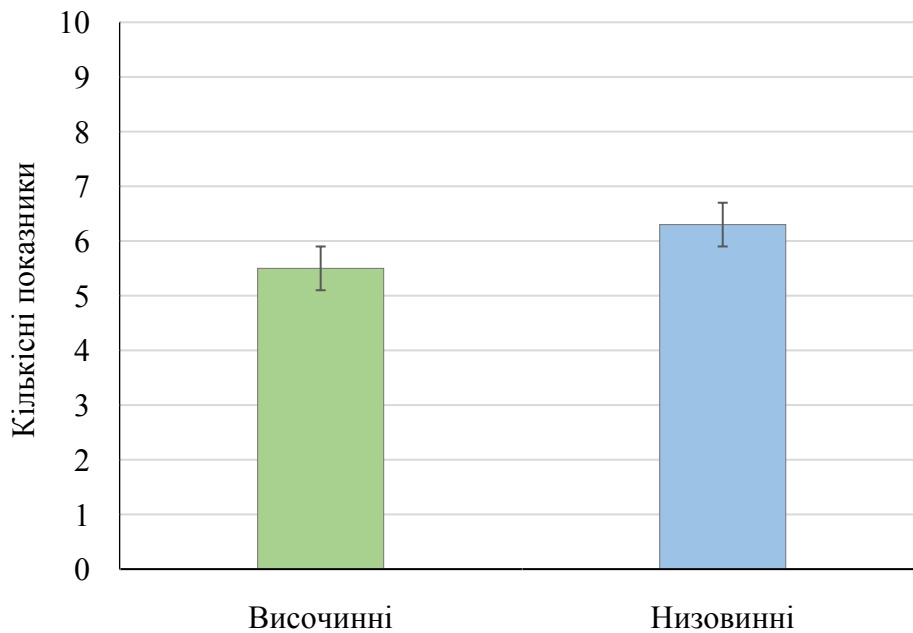


Рис. 3.5. Кількісні показники рослин пругоподібного (кількість листків на рослині), середнє за 2021–2023 рр.

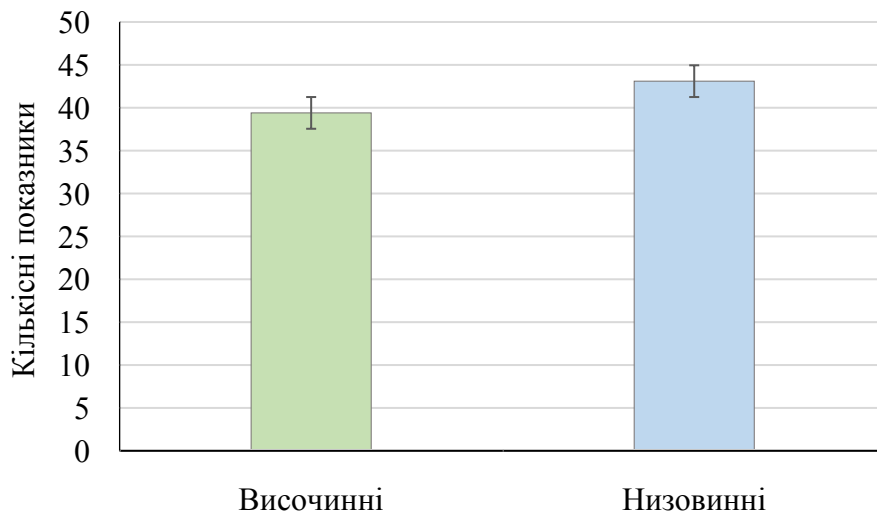


Рис. 3.6. Кількісні показники рослин проса прутоподібного (довжина прапорцевого листка), середнє за 2021–2023 рр.

За кількісними показниками генеративної частини рослин ми виокремили сорти світчграсу височинного еко типу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Екотип сортів	Довжина волоті, см	Кількість волотей на рослині, шт.	Маса насіння з однієї волоті, г	Маса насіння з усієї рослини, г
Височинні	46,4±2,4	4,1±0,3	0,05±0,01	0,205
Низовинні	45,1±2,1	3,8±0,2	0,04±0,01	0,152
НІР ₀₅	1,01	0,06	0,03	0,03

Встановлено, що у височинних сортів довжина волоті варіювала – від 44,0 до 48,8 см, їх кількість на рослину була в межах – від 3,8 до 4,4 шт. Маса насіння з однієї волоті становила від 0,04 до 0,06 г. Тобто маса насіння з усієї рослини з урахуванням кількості волотей на ній сягала – 0,205 г.

Для низовинних сортів довжина волоті була – від 43,0 до 47,3 см, а їх кількість на рослину – від 3,6 до 4,0 шт. Відмічено мінливість ваги насіння з волоті на рослині – від 0,03 до 0,05 г. При цьому маса насіння з усієї рослини з урахуванням кількості волотей на ній сягала – 0,152 г.

Відмінності між сортами свічграсу за кількісними показниками генеративної частини рослин графічно відображено на рис. 3.7–3.8.

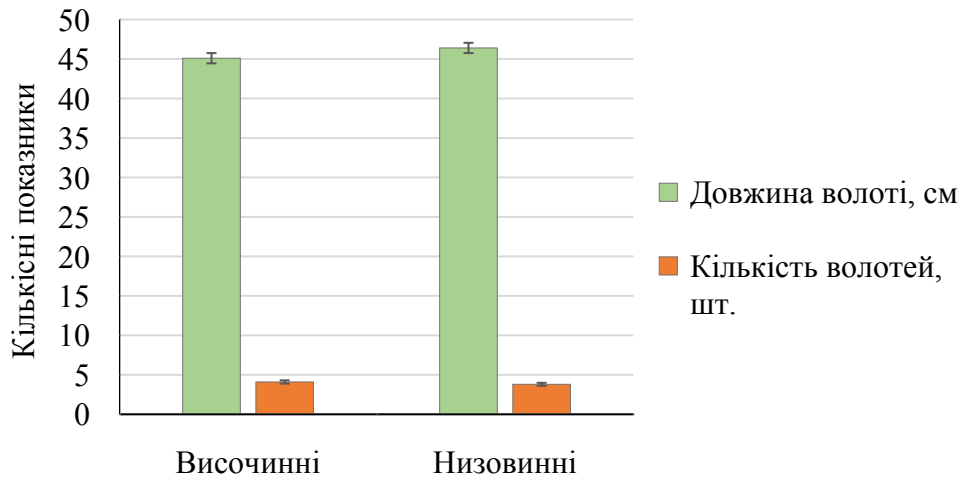


Рис. 3.7. Кількісні показники рослин проса прутоподібного (довжина волоті та їх кількість на рослині), середнє за 2021–2023 рр.

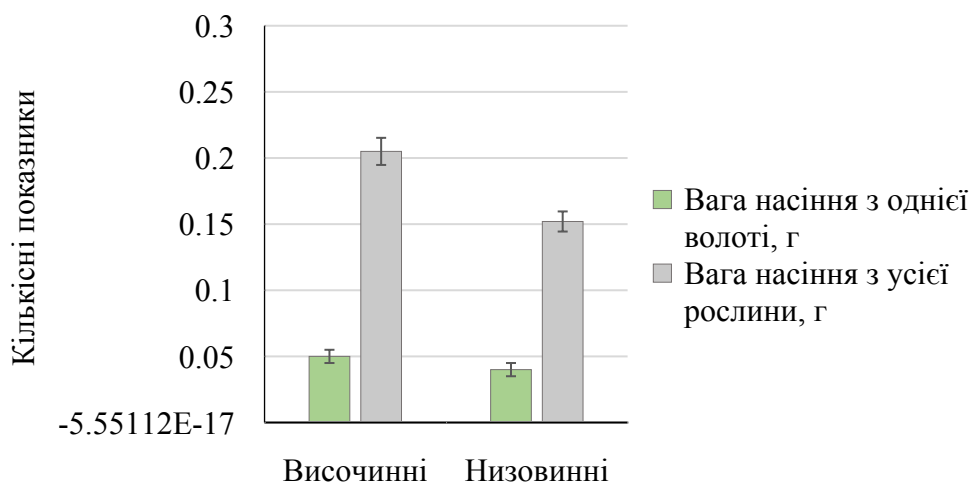


Рис. 3.8. Кількісні показники рослин проса прутоподібного (маса насіння з однієї волоті та з усієї рослини), середнє за 2021–2023 рр.

Порівнюючи результати досліджень за період проведення експерименту можна стверджувати, що кількісні показники рослин (густота і облиственість стеблостою) сортів світчграсу були різними. Це залежало від екотипу до якого відносився той чи інший сорт культури. При встановленні кількісних показників генеративної частини рослин – визначено перевагу сортів за височинним екотипом. Допускаємо частковий вплив умов вирощування на них в умовах центрального Лісостепу України. Проте, сортові властивості культури в кінцевому результаті в комплексі з умовами вирощування мають вплив на продуктивність та загальну насінневу врожайність культури.

3.3. Урожайність та якість насіння сортів проса прутоподібного залежно від екотипічних властивостей

Урожайність насіння проса прутоподібного обумовлюється кількісними показниками та продуктивністю кожної рослини у фітоценозі (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

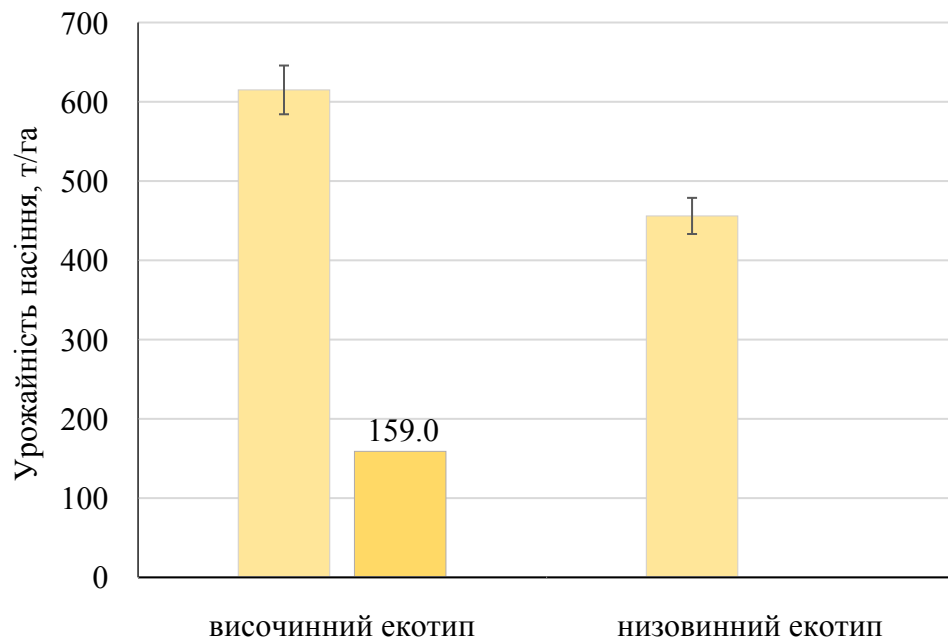
Продуктивність рослин і врожайність насіння проса прутоподібного залежно від екотипу, середнє за 2021–2023 рр.

Екотип сортів	Маса насіння з однієї волоті, г	Маса насіння з усієї рослини, г	Урожайність	
			кг/га	т/га
Височинні	0,05±0,01	0,205	615,0	0,62
Низовинні	0,04±0,01	0,152	456,0	0,46
НІР ₀₅	0,03	0,04	24,2	0,13

За продуктивністю насіння з рослини та його врожайністю перевага була у сортів проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно із низовинним.

В розрізі сортів, що були поставлені на вивчення урожайність насіння змінювалася в межах – від 423,0 до 805,0 кг/га. У середньому за роки цей показник для сортів височинного екотипу становив 615,0 кг/га, а для сортів низовинного екотипу – 456,0 кг/га.

Урожайність насіння в різних екотипів сортів проса прутоподібного наведено на рис. 3.9.



Примітка: НІР₀₅ 24,2

Рис. 3.9. Урожайність насіння сортів проса прутоподібного за екотипами, середнє за 2021–2023 рр.

Варіювання врожаю насіння за роками й сортами було досить суттєве: для низинних сортів проса прутоподібного воно був у межах – від 679,0 до 805,0 кг/га. Для височинних сортів цей показник був істотно нижчим і змінювався в межах – від 423,0 до 482,0 кг/га.

З-поміж сортів проса прутоподібного високу насіннєву врожайність у середньому за роки формують сорти української селекції: Зоряне, Морозко та Лядовське (від 748,3 до 786,3 кг/га) та іноземної: Cave-in-Rock, Carthage,

Forestburg (від 719,0 до 735,0 кг/га). Низька врожайність відмічена у сортів низовинного екотипу: Kanlow й Alamo (460,0 і 452,2 кг/га відповідно).

Визначено, що височинні сорти проса прутоподібного як за продуктивністю рослини так і за врожайність насіння переважають низовинні. Це перевищення у кінцевому результаті становить 159,0 кг/га або це 0,16 т/га врожаю насіння.

Вихід схожого насіння за екотипами проса прутоподібного становив від 42,03 до 52,17 %. Цей показник у проса прутоподібного залежить від їх сортової специфіки та екотипу (табл. 3.6).

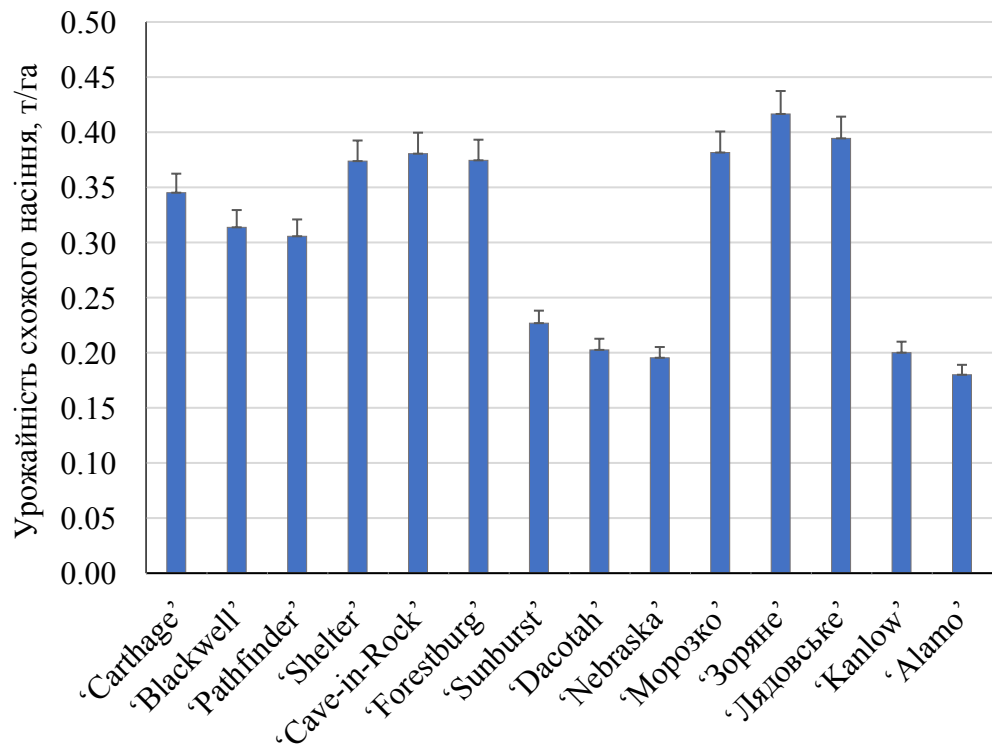
Таблиця 3.6

Урожайність та вихід схожого насіння проса прутоподібного залежно від екотипу сорту (т/га), середнє за 2021–2023 рр.

Екотип сортів	Урожайність, т/га		Вихід до загал. врожаю	
	загальний врожай насіння	врожай схожого насіння	т/га	%
Височинні	0,62	0,33	0,29	42,03
Низовинні	0,46	0,24	0,22	52,17
НІР ₀₅	0,09	0,04	-	-

Височинні сорти проса прутоподібного, порівняно із низовинними формують суттєво більший загальний врожай насіння та врожайність схожого насіння: у височинних сортів 0,62 т/га, у низовинних – 0,46 т/га. Урожайність схожого насіння відповідно за екотипами становив 0,33 і 0,24 т/га.

Сортові властивості та екотип також мають значний вплив на вихід кондиційного (схожого) насіння проса прутоподібного. Цей показник за сортозразками мав значне варіювання й змінювався – від 0,18 до 0,42 т/га, з перевагою увисочинних сортів проса прутоподібного (рис. 3.10).



Примітка: $HP_{05} 0,04$

Рис. 3.10. Урожайність схожого насіння в розрізі сортозразків проса прутіподібного за екотипами, середнє за 2021–2023 рр.

У середньому за три роки дослідження встановлено, що найбільшу врожайність схожого насіння забезпечують сорти проса прутіподібного височинного екотипу: української селекції – Зоряне, Морозко та Лядовське, а також іноземного походження – Cave-in-Rock, Shelter, Carthage й Forestburg (від 0,35 до 0,42 т/га). Суттєво меншу врожайність схожого насіння виявлено у сортів проса прутіподібного низовинного екотипу – на рівні, або менше 0,23 т/га: Sunburst, Dacotah та Nebraska. Це знайшло підтвердження на графіку множинної залежності – поверхні відгуку урожайності насіння проса прутіподібного залежно від року та екотипу, що описується рівнянням регресії: $z = -3.235 - 0.153 \times x + 0.189 \times y$ та подано на графіку відгуку поверхні (рис. 3.11).

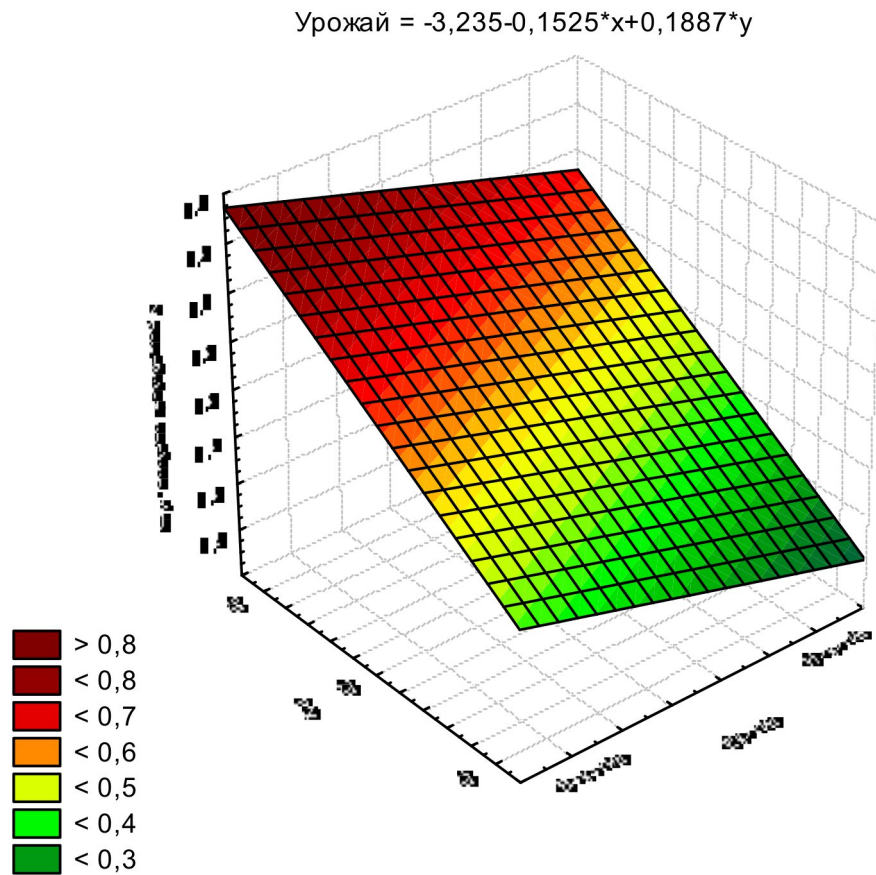


Рис. 3.11. Поверхня відгуку урожайності насіння залежно від року та екотипу проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Таким чином, нами встановлені закономірності формування врожайності насіння проса прутоподібного залежно від умов року, за сортовими та екотипічними властивостями культури.

При встановленні мінливості посівних якостей насіння було визначено енергію проростання і лабораторну схожість його за екотипами сортів проса прутоподібного. В результаті було встановлено, що сорти проса прутоподібного височинного екотипу формували насіння кращої якості. Енергія проростання насіння була на 16,4–24,8 % більша, лабораторна схожість насіння була достовірно вищою 19,3–20,0 %, ніж у сортів низинного екотипу. Крупність за масою 1000 насінин формувалася суттєво більшою у височинних сортів (на 0,19–0,21 г) порівняно з низовинними (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Посівні якості насіння проса прутоподібного залежно від екотипу сорту, середнє за 2021–2023 рр.

Екотип сортів	Показники		Маса 1000 насінин, г
	ЕПН, %	ЛСН, %	
Височинні	45,6±0,4	48,3±1,2	1,48±0,5
Низовинні	24,2±0,6	28,8±0,9	1,28±0,4
НІР ₀₅	7,23	5,51	0,09

Примітка: ЕПН – енергія проростання насіння, %; ЛСН – лабораторна схожість насіння, %.

Доказову вищу енергію проростання (від 45,2 до 46,0 %) й лабораторну схожість насіння (від 47,1 до 49,5 %) забезпечують сорти проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно з низовинними, у яких ці показники були суттєво нижчими та варіювали відповідно: від 23,6 до 24,8 % та від 27,8 до 29,7 %. Межі варіювання крупності насіння у височинних екотипів було – від 1,43 до 1,53 г, а у низовинних – від 1,24 до 1,32 г.

Таким чином, нами підтверджені результати, що отримані В. В. Дригою разом із співавторами [160], в яких встановлено, що сорти височинного екотипу проса прутоподібного формували більш якісне насіння. Енергія проростання насіння та лабораторна схожість його достовірно були вищими, відповідно – на 21 % та 23 %, ніж у сортів низовинного екотипу, незалежно від їх плоідності. Водночас, крупність насіння за показником маса 1000 насінин сортів проса прутоподібного височинного екотипу, достовірно була вищою – на 0,38 г ніж у сортів низовинного екотипу.

Висновки до розділу 3:

1. Більш високими показниками стійкості до умов вирощування за посухо- та морозостійкістю характеризуються сорти проса прутоподібного височинного екотипу (Кейв-ін-рок, Форестбург, Зоряне, Лядовське, Морозко) у порівнянні з низовинним

2. Визначено, що за тривалістю вегетаційного періоду сорти проса прутоподібного височинного екотипу менш тривалі (на 10,9 діб), ніж низовинного.

3. Встановлено, що за кількісними показниками вегетативної частини рослин у низовинних сортів проса прутоподібного довжина стебла була суттєво більшою ніж у височинних, а кількість стебел і листків – навпаки. Довжина прапорцевого листка у сортів обох екотипів була на одному рівні. За показниками генеративної частини рослин суттєво вищими вони були у сортів проса прутоподібного височинного екотипу порівняно із низинним.

4. Обґрунтовано, що височинні сорти проса прутоподібного за врожайністю насіння переважають низовинні на 159,0 кг/га (0,16 т/га врожаю насіння). Зафіксовано високу насіннєву врожайність сортів української селекції: Зоряне, Морозко й Лядовське (від 748,3 до 786,3 кг/га) та іноземної: Shelter, Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg (від 698,7 до 735,0 кг/га). Ці ж сорти забезпечили найбільшу врожайність схожого насіння (у середньому за роки – від 0,35 до 0,42 т/га).

5. Встановлено суттєву перевагу за посівними якістьми насіння (збільшення енергії проростання на 16,4–24,8 %, лабораторної схожості насіння – на 19,3–20,0 %, та маси 1000 насінин – на 0,19–0,21 г) у сортів проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно з низовинними.

Публікації автора до розділу 3: 152, 154, 155–159, 161.

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ СОРТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

4.1. Урожайні властивості насіння потомства залежно від умов вирощування проса прутоподібного

Нашими попередніми дослідженнями встановлено [162–164], що оптимізація елементів технології вирощування материнських рослин проса прутоподібного, порівняно із звичайною технологією, з урахуванням погодних умов, має значний вплив на збільшення врожайності насіння, яка за роки експерименту значно змінювалась у досліджуваних сортів. Було обгрунтовано, що застосування комплексу агрозаходів оптимізованої технології вирощування материнських рослин проса прутоподібного, порівняно із звичайною, дозволяє суттєво збільшити врожайність насіння сорту Зоряне від 0,65 до 0,71 т/га (прибавка 0,06 т/га), Кейв-ін-рок – від 0,34 до 0,45 т/га (прибавка 0,11 т/га), Морозко – від 0,28 до 0,32 т/га (прибавка сягала 0,04 т/га).

Продовження цього багаторічного експерименту було здійснено протягом 2021–2023 років, а саме: зібране насіння материнських рослин, що вирощували при звичайних та оптимізованих елементів технології вирощування було висіяне для визначення врожайних властивостей потомства.

Сівба насінням, зібраним з посівів, на яких застосовували оптимізовані елементи технології вирощування, дозволяє отримати кращі врожайні властивості насіння потомства сортів проса прутоподібного. Цей показник в розрізі років дослідження та варіантів для сорту Зоряне варіював у межах – від

0,71 до 0,92 т/га, для сорту Кейв-ін-рок – від 0,51 до 0,86 т/га, а для сорту Морозко – від 0,34 до 0,58 т/га (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

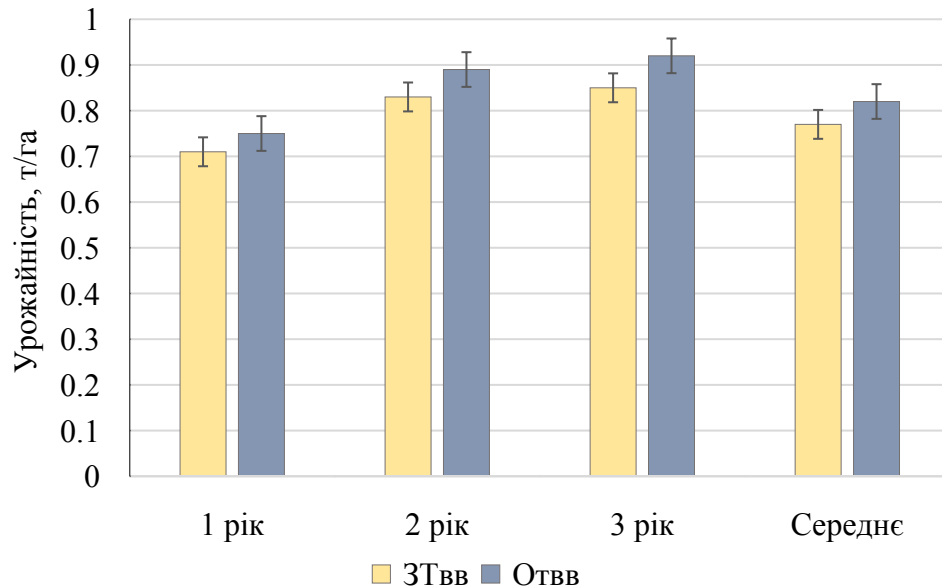
Урожайність насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування (т/га), середнє за 2021–2023 рр.

Сорт (фактор А)	Технологія вирощування (фактор Б)	Рік (фактор В)			Середнє за роки
		перший	другий	третій	
Зоряне	ЗТВ	0,71	0,83	0,85	0,77
	ОТВ	0,75	0,89	0,92	0,82
Середнє		0,73	0,86	0,89	0,80
Кейв-ін-рок	ЗТВ	0,51	0,65	0,70	0,62
	ОТВ	0,62	0,74	0,86	0,74
Середнє		0,57	0,70	0,78	0,68
Морозко	ЗТВ	0,34	0,42	0,47	0,38
	ОТВ	0,41	0,51	0,58	0,46
Середнє		0,38	0,47	0,53	0,42
НІР ₀₅ (фактор А)		0,03	0,05	0,06	
НІР ₀₅ (фактор Б)		0,06	0,08	0,05	

Примітка: ЗТВ – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, ОТВ – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

З-поміж досліджуваних сортів проса прутоподібного у середньому за роки доказово більшу врожайність насіння формував сорт Зоряне на варіантах оптимізованої агротехнології вирощування (0,82 т/га), суттєво меншим, але доволі вагомими цей показник був у сорту Кейв-ін-рок (0,74 т/га), істотно меншим – у сорту Морозко (0,46 т/га). Що свідчить про суттєвий вплив на врожайні властивості насіння як сортових властивостей культури, так і технології вирощування материнських рослин, що є визначальним чинником. Так, визначено, що для сорту проса прутоподібного Зоряне на варіантах

звичайної технології вирощування варіювання врожайності насіння було у межах – від 0,71 до 0,85 т/га, на оптимізованих – суттєво більше – від 0,75 до 0,92 т/га (рис. 4.1).



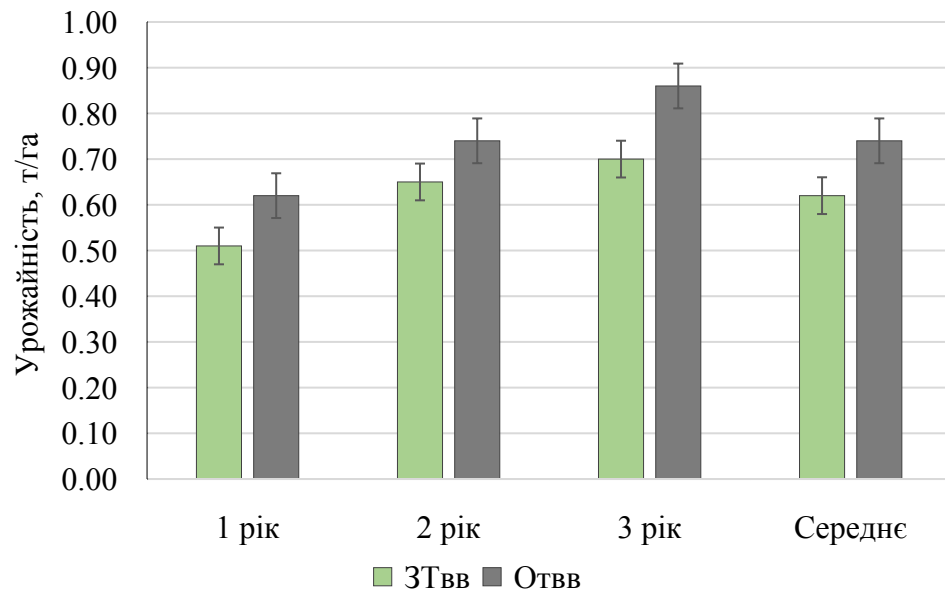
Примітка: ЗТвв – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, Отвв – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

НІР₀₅ (фактор А) 0,06 т/га, НІР₀₅ (фактор Б) 0,03 т/га.

Рис. 4.1. Урожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від оптимізації елементів технології вирощування сорту Зоряне, 2021–2023 рр.

Врожайні властивості насіння проса прутоподібного сорту Зоряне у варіантах оптимізованих елементів технології вирощування мали тенденцію до щорічного збільшення. На перший рік вегетації врожайність насіння зростає на 0,04 т/га, на другий рік – 0,06 т/га, на третій – 0,07 т/га, що у середньому за три роки склало 0,05 т/га приросту за рівня врожайності 0,82 т/га на противагу звичайній технології вирощування проса прутоподібного 0,77 т/га.

За звичайної технології вирощування насінників відмічено підвищення врожайних властивостей насіння проса прутоподібного сорту Кейв-ін-рок (рис. 4.2).



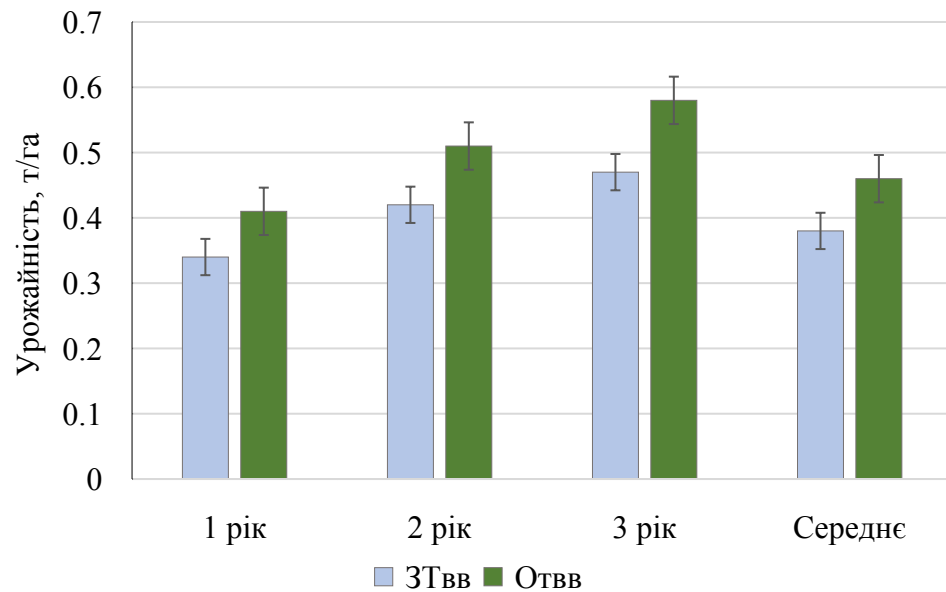
Примітка: 3Твв – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, Отвв – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

НІР₀₅ (фактор А) 0,08 т/га, НІР₀₅ (фактор Б) 0,07 т/га.

Рис. 4.2. Урожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від оптимізації елементів технології вирощування сорту Кейв-ін-рок, 2021–2023 рр.

Протягом 2021–2023 років виявлено чітке зростання врожайності насіння проса прутоподібного сорту Кейв-ін-рок за звичайної технології – від 0,51 т/га у перший рік до 0,70 т/га – на третій рік вегетації (у середньому – 0,62 т/га), а за оптимізованої, відповідно років дослідження – від 0,62 до 0,86 т/га (у середньому – 0,74 т/га). Що свідчить про перевагу оптимізації агротехнології у порівнянні із звичайною з прибавкою врожаю 0,12 т/га за НІР₀₅ 0,07 т/га.

Також відмічена тенденція збільшення врожайних властивостей насіння проса прутоподібного й у сорту Морозко. Даний тренд відмічено як в динаміці років дослідження, так і в середньому за роки, що особливо проявилось на варіантах оптимізованих елементів технології вирощування насінних рослин (рис. 4.3).



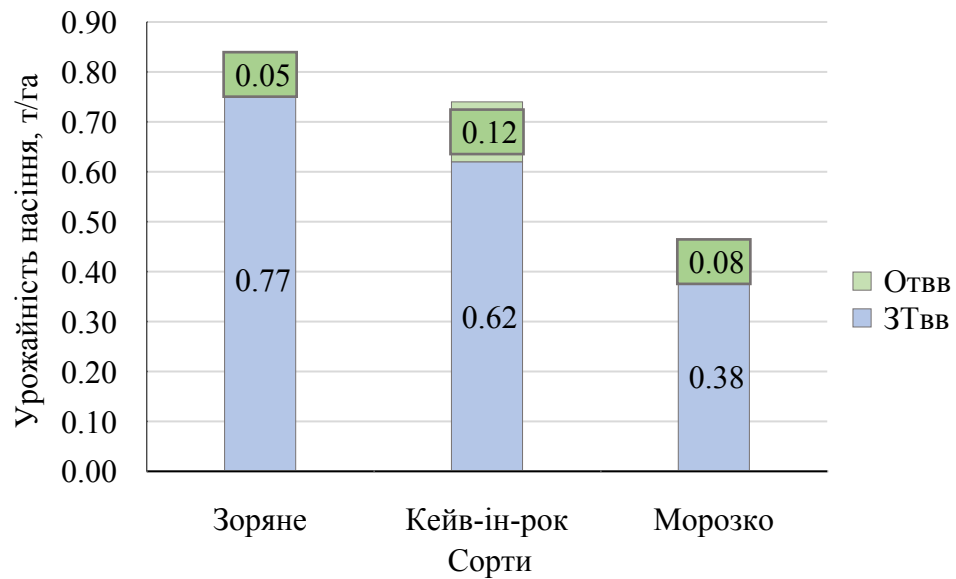
Примітка: 3Твв – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, Отвв – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

НІР₀₅ (фактор А) 0,06 т/га, НІР₀₅ (фактор Б) 0,05 т/га.

Рис. 4.3. Урожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від оптимізації елементів технології вирощування сорту Морозко, 2021–2023 рр.

Тенденція підвищення врожайних властивостей насіння у проса прутоподібного сорту Морозко чітко проявилась при застосуванні оптимізованих елементів технології вирощування насінних рослин (урожайність у середньому за три роки зросла до 0,46 т/га), порівняно із звичайними (урожайність у середньому за три роки була на рівні 0,38 т/га) з прибавкою 0,08 т/га за НІР₀₅ 0,05 т/га.

У загальному, за вивчення врожайних властивостей насіння, яке отримали з насінних рослин за різних елементів технології вирощування встановлено, що їх оптимізація дозволяє підвищити врожайні властивості насіння усіх досліджуваних сортів проса прутоподібного які були поставлені на вивчення (рис. 4.4).



Примітка: ЗТвв – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, ОТвв – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

НІР₀₅ (сорт) 0,05 т/га, НІР₀₅ (технологія) 0,04 т/га.

Рис. 4.4. Урожайні властивості насіння сортів проса прутоподібного залежно від оптимізації елементів технології вирощування, середнє за 2021–2023 рр.

Таким чином, істотне підвищення врожайних властивостей насіння проса прутоподібного можливо досягти застосуванням оптимізованих елементів технології вирощування насінних рослин. У цьому випадку для сорту Зоряне прибавка становитиме 0,05 т/га (від 0,77 до 0,82 т/га), у Кейв-ін-рок – 0,12 т/га (від 0,62 до 0,74 т/га), а для сорту Морозко – 0,08 т/га (від 0,38 до 0,46 т/га).

4.2. Посівні якості насіння потомства проса прутоподібного залежно від умов вирощування

Посівні якості насіння за досліджуваними сортами проса прутоподібного суттєво змінювалися: як в розрізі вегетаційних років, так і залежно від умов вирощування. Для сорту проса прутоподібного Зоряне доказову вищу енергію проростання (від 44,0 до 45,0 %) й лабораторну

схожість насіння (від 50,6 до 52,0 %) за його крупності – від 1,51 до 1,59 г отримали за оптимізованих елементів технології вирощування, порівняно із звичайними (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Посівні якості насіння проса прутоподібного сорту Зоряне залежно від умов вирощування, середнє за 2021–2023 рр.

Технологія вирощування	Показники		Маса 1000 насінин, г
	ЕПН, %	ЛСН, %	
ЗТВ	43,2±0,8	48,3±0,4	1,48±0,6
ОТВ	44,5±0,5	51,3±0,7	1,55±0,4
НІР ₀₅	0,04	0,07	0,03

Примітка: ЗТВ – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, ОТВ – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

Встановлено, що у середньому за роки сорт проса прутоподібного Зоряне формував насіння кращої якості за оптимізованих елементів технології: енергія проростання насіння була на 1,0–1,4 % більша, лабораторна схожість насіння була достовірно вищою на 2,7–3,3 %, а масою 1000 насінин формувалася на 0,05–0,09 г суттєво більшою порівняно із звичайними елементами агротехнології.

Для сорту проса прутоподібного Кейв-ін-рок доказову вищу енергію проростання (від 43,5 до 44,7 %) й лабораторну схожість насіння (від 48,8 до 49,6 %) формують сорти проса прутоподібного височинного екотипу, порівняно з низовинними, у яких ці показники були суттєво нижчими та варіювали відповідно: від 41,9 до 42,7 % та від 45,6 до 46,0 %. Межі варіювання крупності насіння у на варіантах звичайної технології було – від 1,35 до 1,45 г, оптимізованої – від 1,41 до 1,55 г (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Посівні якості насіння проса прутоподібного сорту Кейв-ін-рок залежно від умов вирощування, середнє за 2021–2023 рр.

Технологія вирощування	Показники		Маса 1000 насінин, г
	ЕПН, %	ЛСН, %	
ЗТВ	42,3±0,4	45,3±0,7	1,40±0,5
ОТВ	44,1±0,6	49,2±0,4	1,48±0,7
НІР ₀₅	0,03	0,05	0,08

Примітка: ЗТВ – звичайні елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння, ОТВ – оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного на насіння.

Встановлено, що для сорту проса прутоподібного Кейв-ін-рок у середньому за роки формував насіння кращої якості за оптимізованих елементів технології: енергія проростання насіння була на 1,6–2,0 % більша, лабораторна схожість насіння була достовірно вищою на 3,2–3,6 %, а маса 1000 насінин формувалася на 0,06-0,10 г суттєво більшою порівняно із звичайними елементами агротехнології.

Для сорту проса прутоподібного Морозко суттєві вищі посівні якості насіння: енергія проростання (від 36,8 до 37,4 %) та лабораторна схожість насіння (від 41,8 до 42,7 %) була на варіантах оптимізованої технології вирощування. На варіантах звичайної технології вирощування отримали істотно менші показники: енергія проростання – від 34,5 до 35,9 % та лабораторна схожість насіння – від 38,7 до 39,7 %. Маса 1000 насінин на варіантах звичайної технології була – від 1,21 до 1,35 г, а оптимізованої – суттєво вищою: від 1,28 до 1,38 г (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Посівні якості насіння проса прутоподібного сорту Морозко
залежно від умов вирощування, середнє за 2021–2023 рр.**

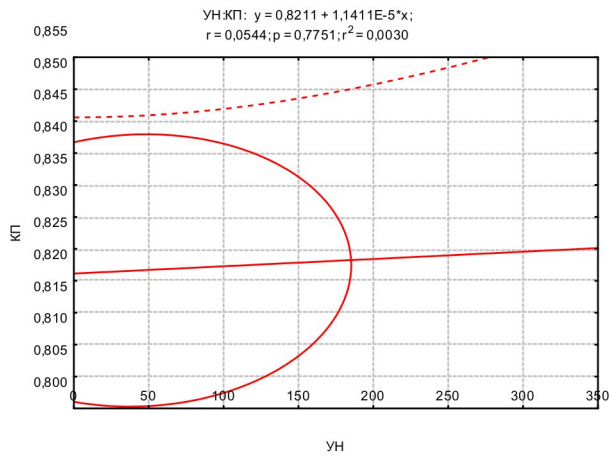
Технологія вирощування	Показники		Маса 1000 насінин, г
	ЕПН, %	ЛСН, %	
ЗТВ	35,2±0,7	39,2±0,5	1,28±0,7
ОТВ	37,1±0,3	42,3±0,4	1,33±0,5
НІР ₀₅	0,09	0,05	0,04

Примітка: ЗТВ – звичайні елементи технології вирощування материнських рослин проса прутоподібного на насіння, ОТВ – оптимізовані елементи технології вирощування материнських рослин проса прутоподібного на насіння.

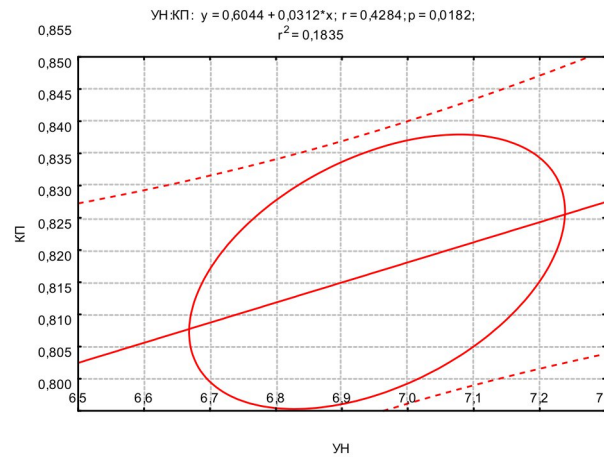
Встановлено, що у середньому за роки дослідження сорт проса прутоподібного Морозко формував насіння кращої якості за оптимізованих елементів технології вирощування. На цих варіантах енергія проростання насіння була істотно вищою на 1,5–2,3 %, лабораторна схожість насіння була достовірно вищою на 2,1–3,0 %, а крупність насіння за масою 1000 насінин на 0,03–0,07 г суттєво більшою порівняно із варіантами звичаної агротехнології вирощування насінників.

4.3. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю й якістю насіння проса прутоподібного

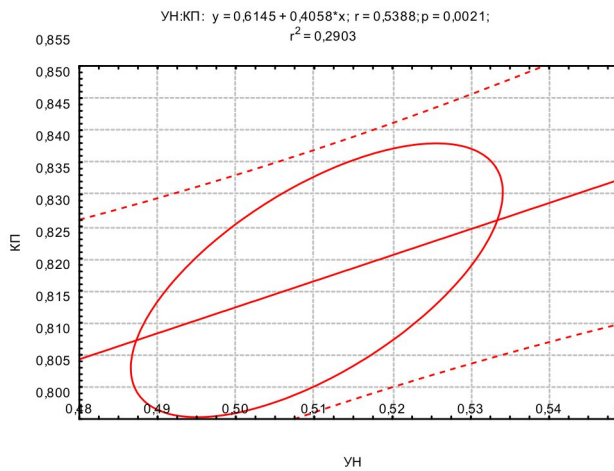
Кореляція за визначення сили та напрямку зв'язку між кількісними показниками рослин в розрізі сортів проса прутоподібного дозволяє встановити найбільш впливові з них на врожайність насіння з урахуванням технології вирощування насінних рослин (рис. 4.5–4.7).



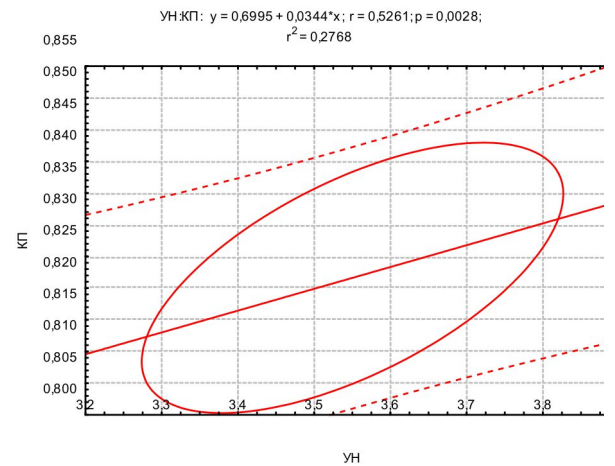
а



б



в

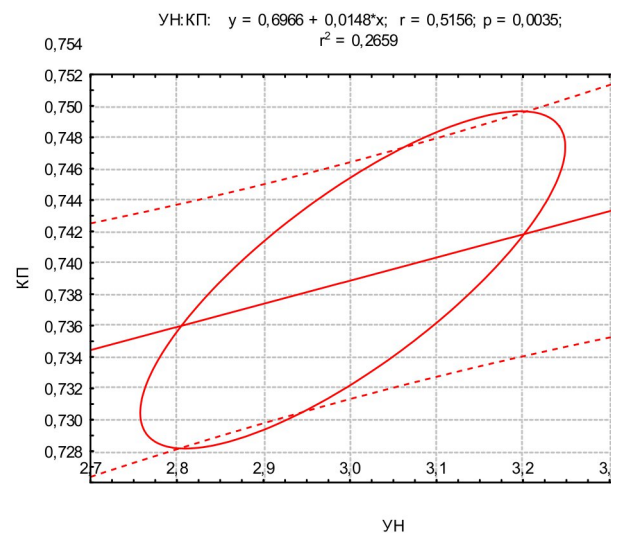
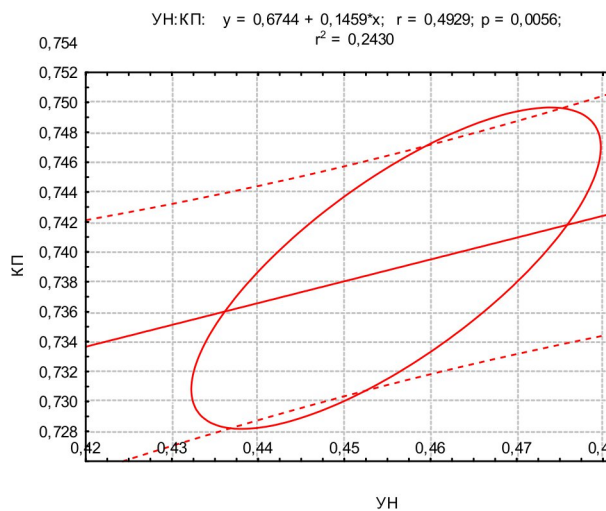
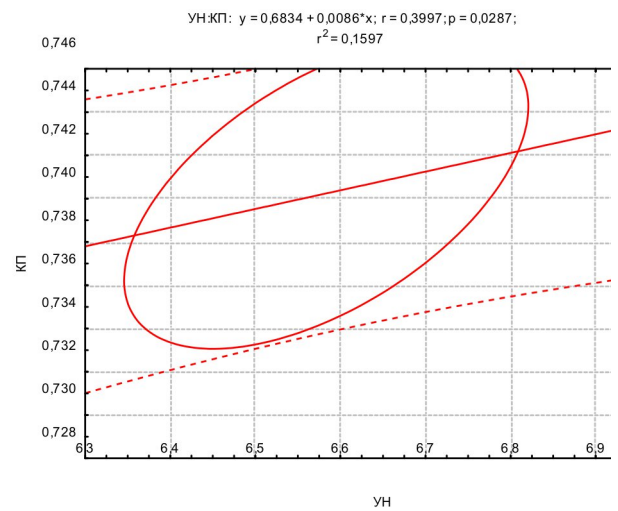
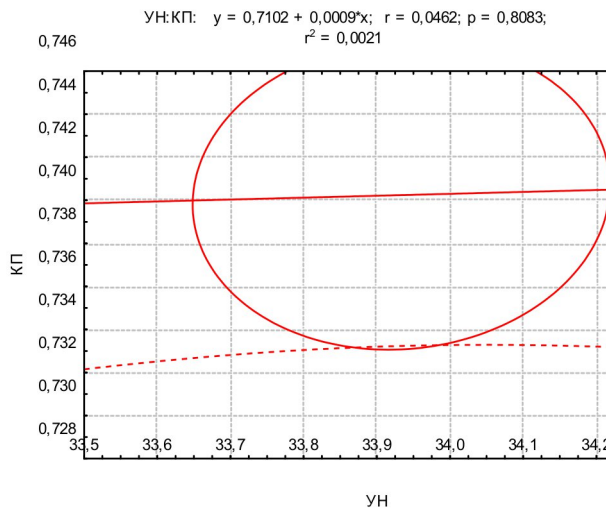


г

**Примітка:* а – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, б – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, в – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, г – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння.

Рис. 4.5. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Зоряне за оптимізації елементів технології вирощування, 2021–2023 рр.

Проведення кореляційно-регресійного аналізу дозволило встановити відсутність залежності між довжиною волоті та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Зоряне за $r = 0,05$ при $p = 0,77$. Визначено прямолінійний зв'язок середньої сили між врожайністю насіння та кількістю волотей на рослині, масою насіння з волоті та з усієї рослини ($r > 0,31$) при $p < 0,05$.

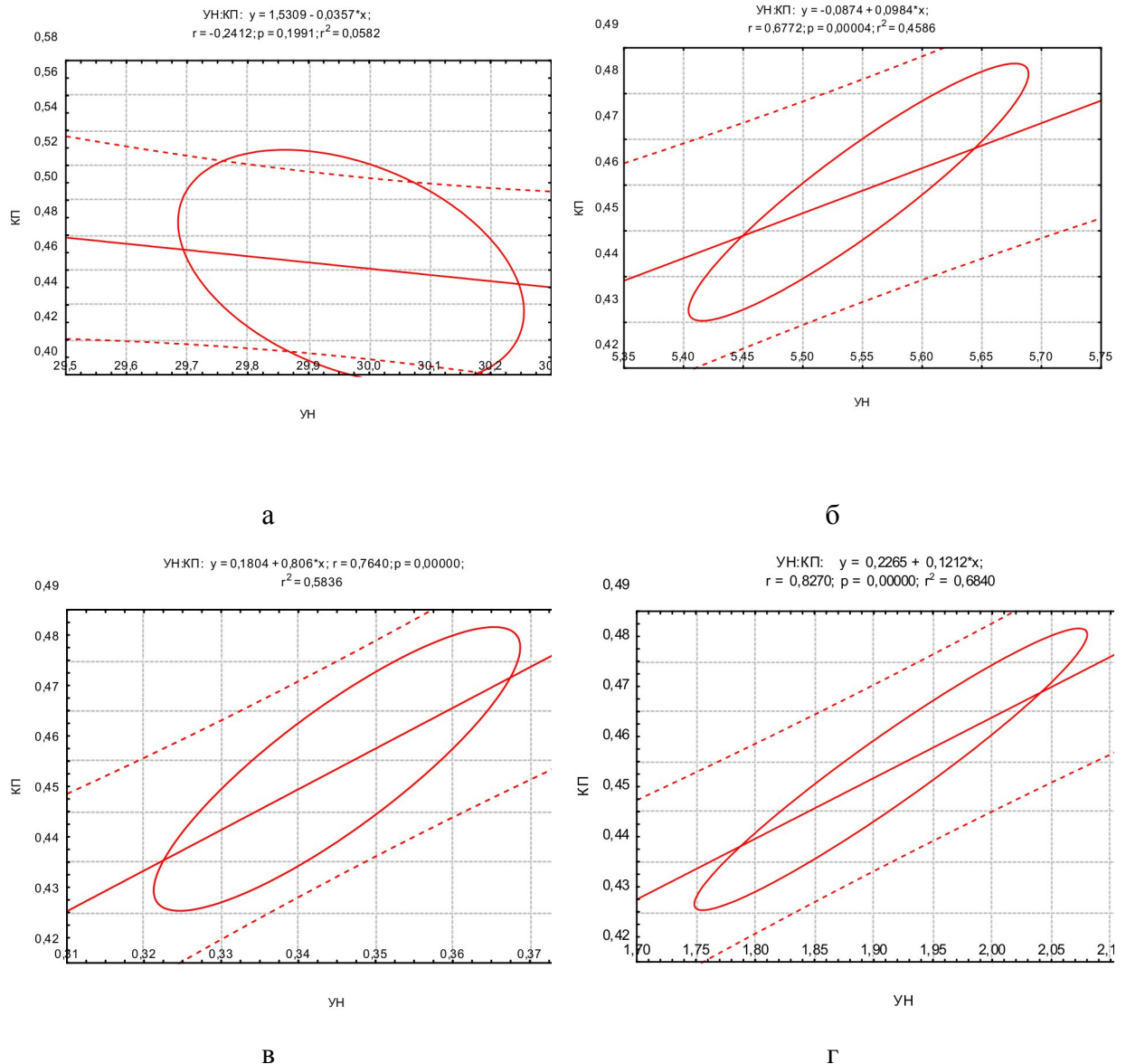


**Примітка:* а – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, б – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, в – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, г – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння.

Рис. 4.6. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Кейв-ін-рок за оптимізації елементів технології вирощування, 2021–2023 рр.

На основі кореляційно-регресійного аналізу встановити відсутність залежності між довжиною волоті та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Кейв-ін-рок за $r = 0,05$ при $p = 0,81$. Визначено прямолінійний зв'язок середньої сили між врожайністю насіння та кількістю

волотей на рослині, масою насіння з волоті та з усїєї рослини ($r > 0,31$) при $p < 0,05$.

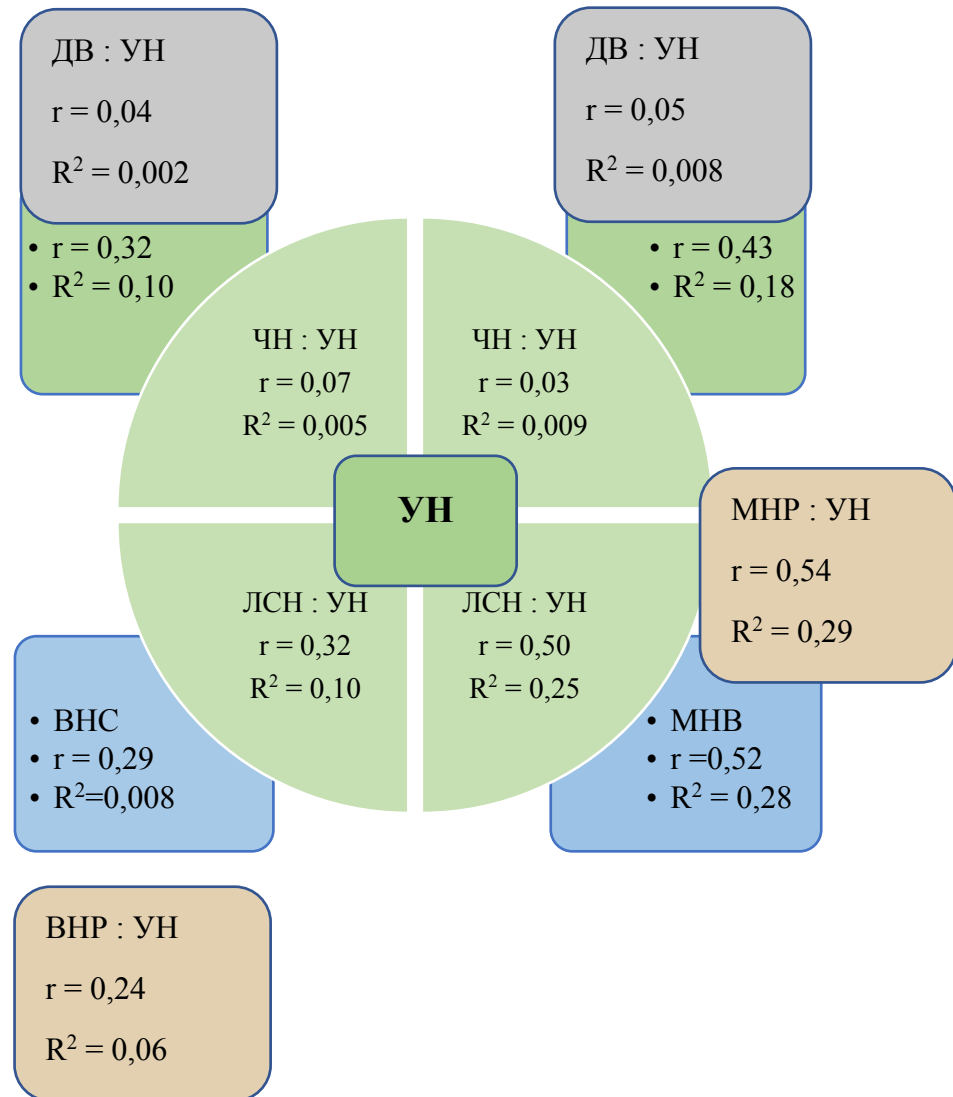


**Примітка:* а – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, б – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, в – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, г – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння.

Рис. 4.7. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Морозко за оптимізації елементів технології вирощування, 2021–2023 рр.

Кореляційні залежності свідчать про відсутність зв'язку між довжиною волоті та врожайністю насіння проса прутоподібного сорту Морозко за коефіцієнта кореляції $r = -0,24$ при $p = 0,20$. Водночас, визначено

прямолінійний зв'язок середньої сили між врожайністю насіння та кількістю волотей на рослині ($r = 0,68$) при $p < 0,05$, та сильну кореляцію з показниками: маса насіння з волоті та маса насіння з усієї рослини ($r > 0,71$) при $p < 0,05$ (рис. 4.8-4.10).

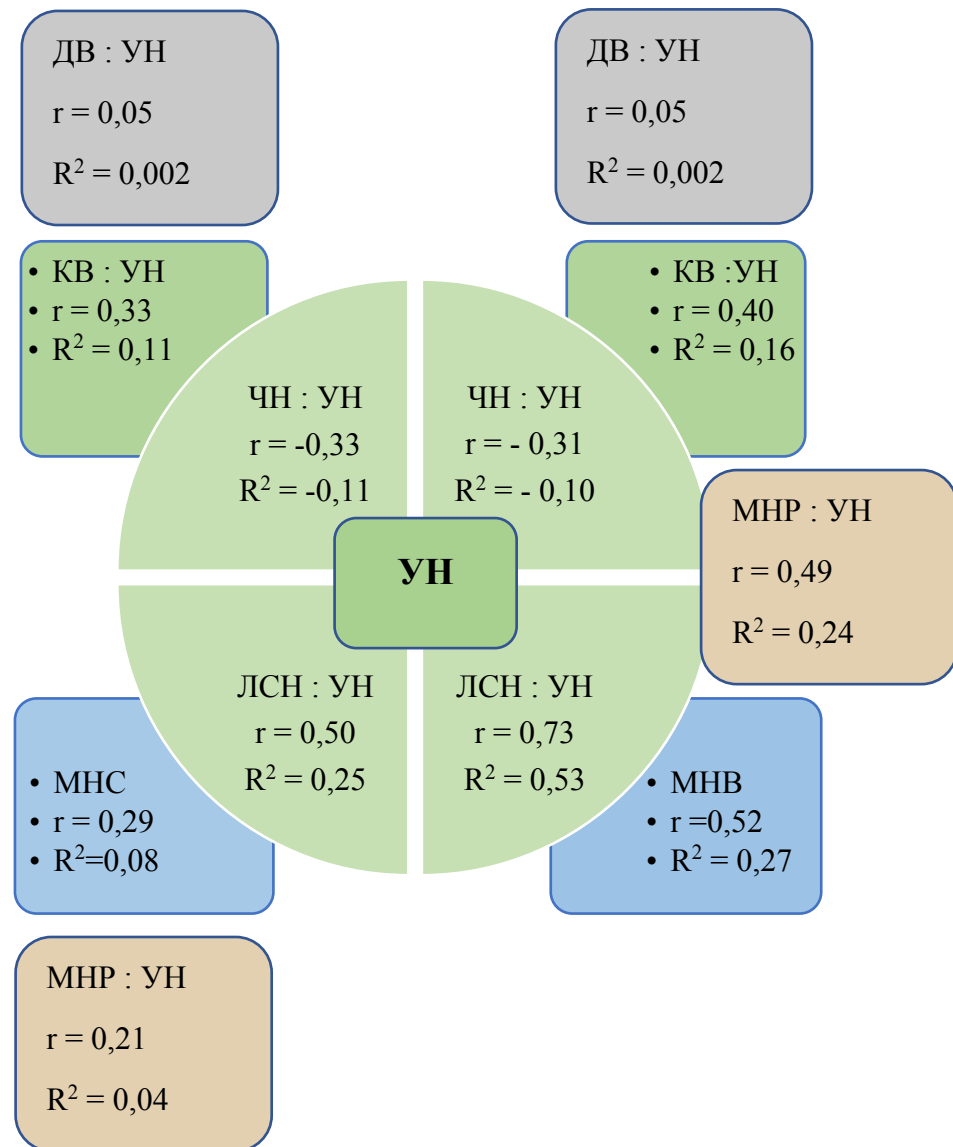


**Звичайні елементи технології
вирощування насіння**

Позначення: УН – урожайність насіння, т/га; ДВ – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, КВ – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, МНВ – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, МНР – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння ЛСН – кореляція між лабораторною схожістю насіння та врожайністю насіння, ЧН – кореляція між чистотою насіння та врожайністю насіння.

**Оптимізовані елементи технології
вирощування насіння**

Рис. 4.8. Кореляційна плеяда залежностей між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння залежно від технології вирощування проса прутоподібного сорту Зоряне, 2021–2023 рр.

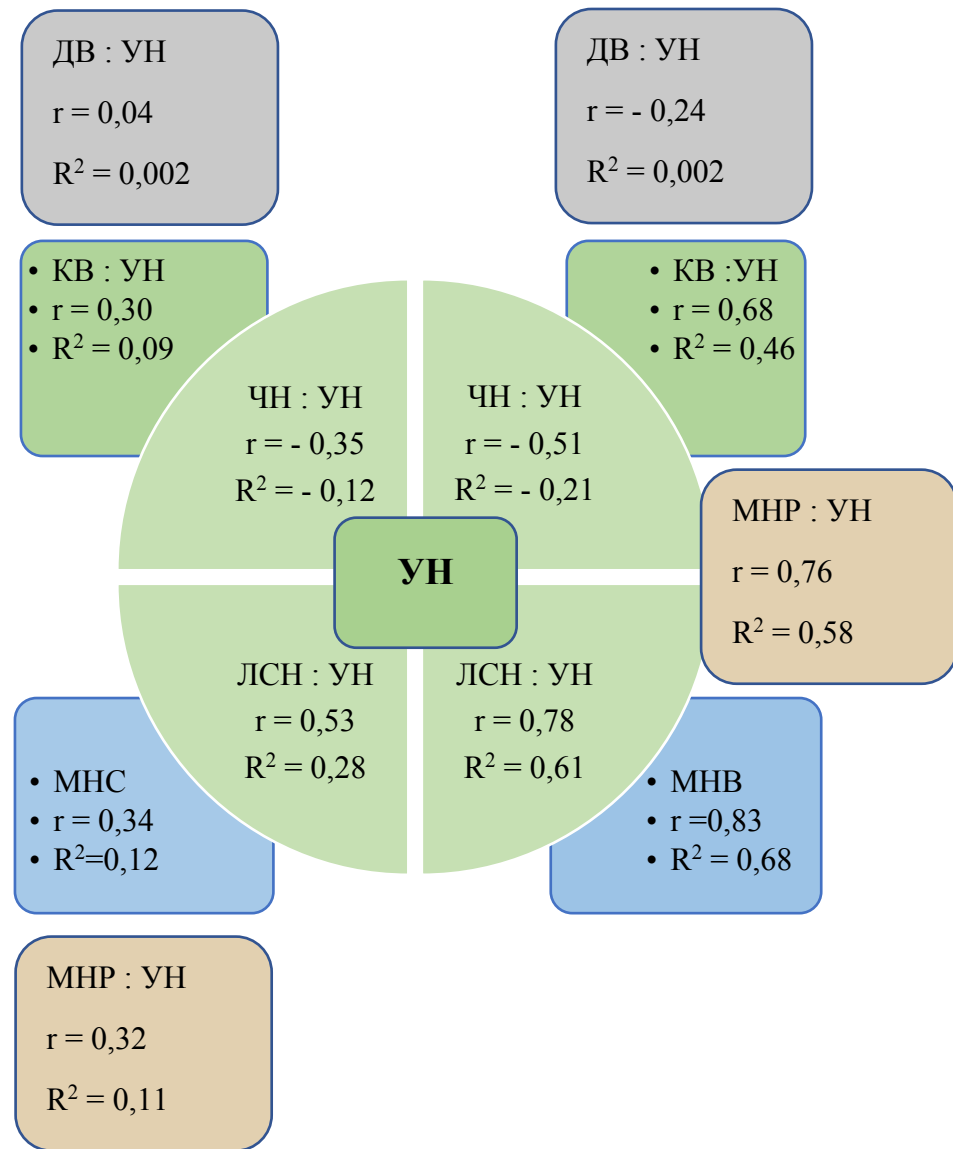


***Звичайні елементи технології
вирощування насіння***

Позначення: УН – урожайність насіння, т/га; ДВ – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, КВ – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, МНВ – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, МНР – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння, ЛСН – кореляція між лабораторною схожістю насіння та врожайністю насіння, ЧН – кореляція між чистотою насіння та врожайністю насіння.

***Оптимізовані елементи технології
вирощування насіння***

Рис. 4.9. Кореляційна плеяда залежностей між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння залежно від технології вирощування проса прутіподібного сорту Кейв-ін-рок, 2021–2023 рр.



***Звичайні елементи технології
вирощування насіння***

Позначення: УН – урожайність насіння, т/га; ДВ – кореляція між довжиною волоті та врожайністю насіння, КВ – кореляція між кількістю волотей на рослині та врожайністю насіння, МНВ – кореляція між масою насіння з волоті та врожайністю насіння, МНР – кореляція між масою насіння з рослини та врожайністю насіння, ЛСН – кореляція між лабораторною схожістю насіння та врожайністю насіння, ЧН – кореляція між чистотою насіння та врожайністю насіння.

***Оптимізовані елементи технології
вирощування насіння***

Рис. 4.10. Кореляційна плеяда залежностей між кількісними показниками рослин та врожайністю насіння залежно від технології вирощування проса прутоподібного сорту Морозко, 2021–2023 рр.

Таким чином, встановлено, що незалежно від технології вирощування материнських рослин проса прутоподібного у досліджуваних сортів виявлено

середній ($r > 0,31$) або сильний ($r > 0,70$) кореляційний зв'язок, що був між: кількістю волотей на рослині та масою насіння з них та врожайністю насіння, а також між лабораторною схожістю та врожайністю насіння. Виявлено слабку кореляцію, або її відсутність – між довжиною волоті та врожайністю насіння ($r < 0,31$). Водночас, виявлено, що за оптимізації елементів технології вирощування материнських рослин спостерігається посилення щільності прямолінійного кореляційного зв'язку між масою насіння з волоті та усієї рослини і врожайністю схожого насіння проса прутоподібного усіх досліджуваних сортів.

Висновки до розділу 4:

1. Доведено, що на збільшення врожайності насіння проса прутоподібного (на 0,04...0,11 т/га) суттєвий вплив має культивування сортів за оптимізованої технології вирощування порівняно із звичайною. Ця технологія поєднує весняну сівбу культури, визначеною нормою висіву насіння (для сорту Зоряне – 5,7 кг/га, для сорту Кейв-ін-рок – 7,6 кг/га, для сорту Морозко – 7,9 кг/га), широкорядний спосіб сівби (для усіх сортів – міжряддя 60 см) та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N_{45}).

2. Оптимізація елементів технології вирощування проса прутоподібного дозволяє поліпшити врожайні властивості насіння сорту Зоряне на 0,05 т/га (від 0,77 до 0,82 т/га), сорту Кейв-ін-рок – на 0,12 т/га (від 0,62 до 0,74 т/га), сорту Морозко – на 0,08 т/га (від 0,38 до 0,46 т/га).

3. Встановлено поліпшення посівних якостей насіння (енергії проростання та лабораторної схожості) за оптимізовано технології вирощування: для сорту Зоряне відповідно показників: $44,5 \pm 0,7$ % і $51,3 \pm 0,7$ %; Кейв-ін-рок $44,1 \pm 0,6$ % і $49,2 \pm 0,4$ %; та сорту Морозко – $37,1 \pm 0,3$ % і $42,3 \pm 0,4$ %. Також на цих варіантах відмічено підвищення маси 1000 насінин – від 1,33 до 1,55 г.

4. За оптимізації елементів технології вирощування насінних рослин, порівняно із звичайною агротехнологією, визначено посилення щільності прямолінійної кореляції між наступними кількісними показниками генеративної частини рослин і врожайність насіння проса прутоподібного: масою насіння з волоті та масою насіння з усієї рослини. Це притаманно усім сортам проса прутподібного, що були поставлені на вивчення.

5. Оптимізовані елементи технології вирощування проса прутоподібного сприяє посиленню кореляції між лабораторною схожістю насіння та врожайністю насіння для сортів: Зоряне – значний зв'язок (r 0,50), а для Кейв-ін-рок (r 0,73) та сорту Морозко (r 0,78) сильний зв'язок.

Публікації автора до розділу 4: 162-164.

РОЗДІЛ 5
УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО
ЗАЛЕЖНО ВІД РЕГУЛЮВАННЯ ПІДЖИВЛЕННЯ НАСІННЄВИХ
ПОСІВІВ

5.1. Вплив підживлення посівів на мінливість елементів продуктивності проса прутоподібного

За результатами проведеного експерименту встановлено, як в розрізі варіантів досліду, так і за роками дослідження мінливість кількісних показників рослин проса прутоподібного (табл. 5.1–5.3).

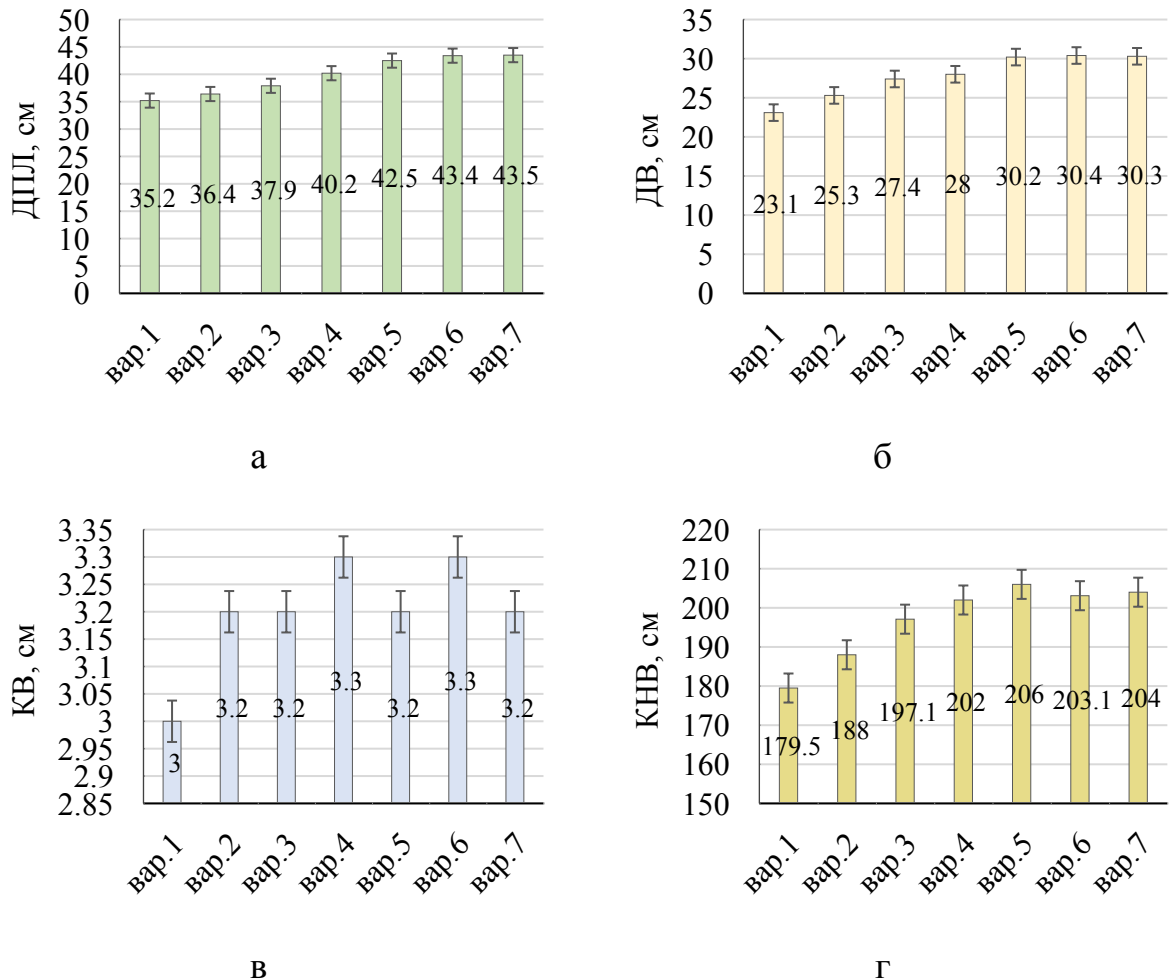
Таблиця 5.1

Біометричні показники рослин проса прутоподібного, 2021 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	Довжина прапорцевого листка, см	Довжина волоті, см	Кількість волотей, шт./ рослину	Кількість насіння з волоті, шт./ рослину	Маса насіння з волоті, г/рослину	Маса схожого насіння, г/рослину
вар. 1	35,2	23,1	3,0	179,5	0,048	0,023
вар. 2	36,4	25,3	3,2	188,0	0,050	0,025
вар. 3	37,9	27,4	3,2	197,1	0,053	0,027
вар. 4	40,2	28,0	3,3	202,0	0,059	0,032
вар. 5	42,5	30,2	3,2	206,0	0,059	0,034
вар. 6	43,4	30,4	3,3	203,1	0,061	0,033
вар. 7	43,5	30,3	3,2	204,0	0,062	0,034
Середнє	40,7	28,6	3,3	200,5	0,057	0,031
НІР ₀₅	1,43	0,52	0,13	4,02	0,011	0,002

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

В умовах першого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин варіювали: довжина прапорцевого листка – від 35,2 до 43,5 см, довжина волоті – від 25,1 до 30,4 см, кількість насіння з волоті – від 186 до 206 шт./рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантами досліді суттєво не змінювалася – була сталою, та у середньому становила 3,2 шт./рослину (рис. 5.1).



*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.1. Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного: а —довжина волоті, б – кількість волотей, в – кількість насіння з волоті, г – маса насіння з волоті, 2021 р.

Для умов другого вегетаційного року, порівняно із першим, зафіксовано зростання біометричних показників рослин. Відмічено також мінливість виходу насіння з волоті та ваги схожого насіння проса прутоподібного за варіантами досліду (табл. 5.2).

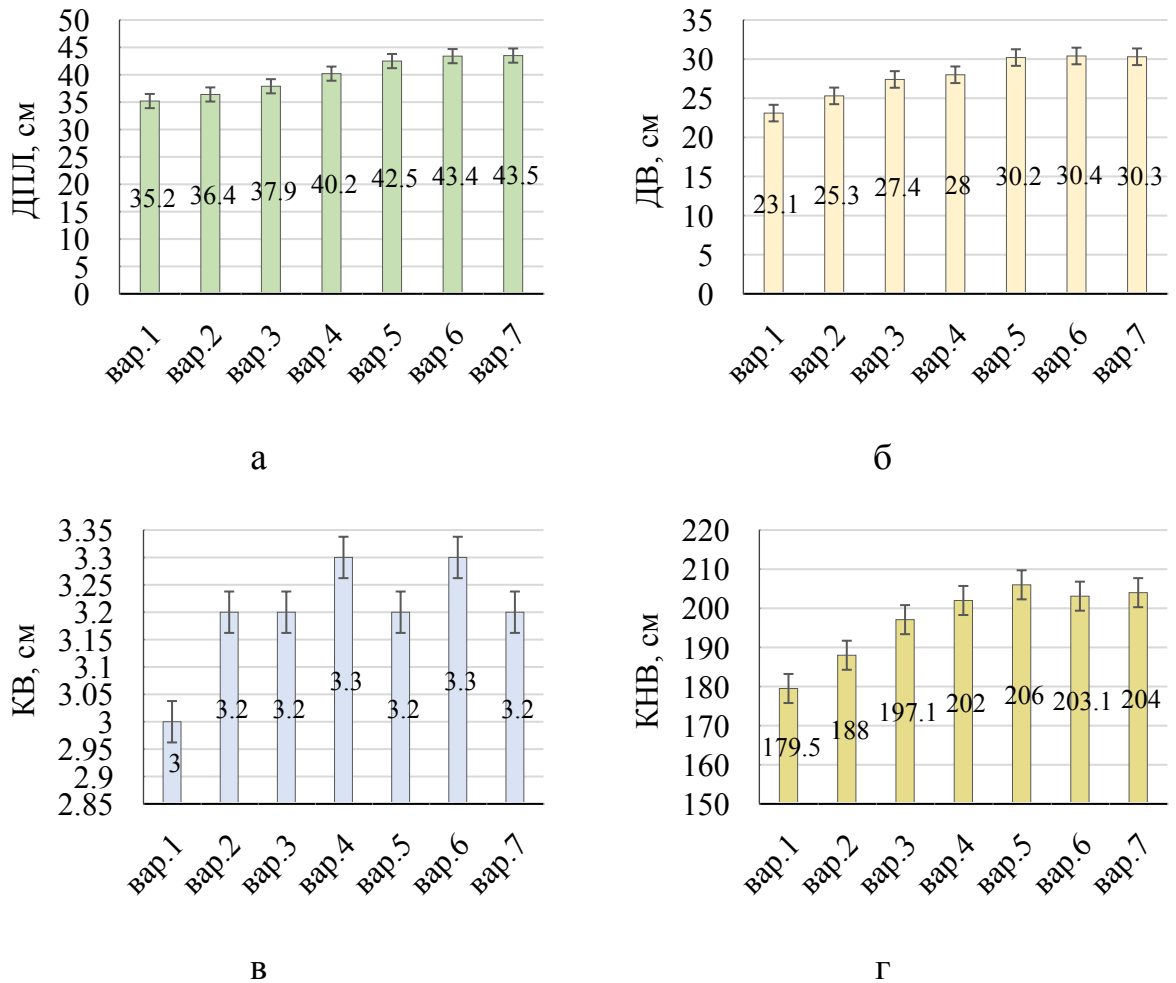
Таблиця 5.2

Біометричні показники рослин проса прутоподібного, 2022 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	Довжина прапорцевого листка, см	Довжина волоті, см	Кількість волотей, шт./ рослину	Кількість насіння з волоті, шт./ рослину	Маса насіння з волоті, г/рослину	Маса схожого насіння, г/рослину
вар. 1	39,3	30,2	3,3	201,4	0,054	0,028
вар. 2	40,5	32,4	3,4	203,8	0,059	0,031
вар. 3	42,9	33,2	3,9	205,7	0,063	0,034
вар. 4	44,1	36,8	4,4	209,5	0,078	0,046
вар. 5	46,0	37,0	4,5	210,8	0,081	0,047
вар. 6	44,4	33,5	3,8	206,6	0,069	0,037
вар. 7	44,3	34,1	3,7	207,8	0,070	0,038
Середнє	43,1	33,9	3,9	206,5	0,068	0,037
НІР ₀₅	0,46	0,26	0,12	0,50	0,002	0,002

*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

В умовах другого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного варіювали: довжина прапорцевого листка – від 39,3 до 46,0 см, довжина волоті – від 30,2 до 37,0 см, кількість насіння з волоті – від 201,4 до 210,8 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 3,3 до 4,5 шт./рослину. При цьому визначено, що найбільше значення за даними показниками зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special' (рис. 5.2).



**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.2. Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного: а —довжина волоті, б – кількість волотей, в – кількість насіння з волоті, г – маса насіння з волоті, 2022 р.

Визначено чіткий тренд збільшення довжини прапорцевого листка та довжини волоті проса прутоподібного при збільшенні концентрації робочого розчину за позакореневого внесення хелатного препарату (від 10 до 100 %). Найбільшу кількість волотей на рослині формувалося за обробка рослин 40 % і 80 % розчином препарату Крісталон, а суттєве збільшення насіння в волоті

відмічено при застосуванні 60 % робочого розчину 'Kristalon Special' на другий рік вегетації проса прутоподібного.

В умовах третього року вегетації проса прутоподібного відмічаємо збільшення кількісних показників рослин, порівняно з першим та другим роками вегетації культури (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

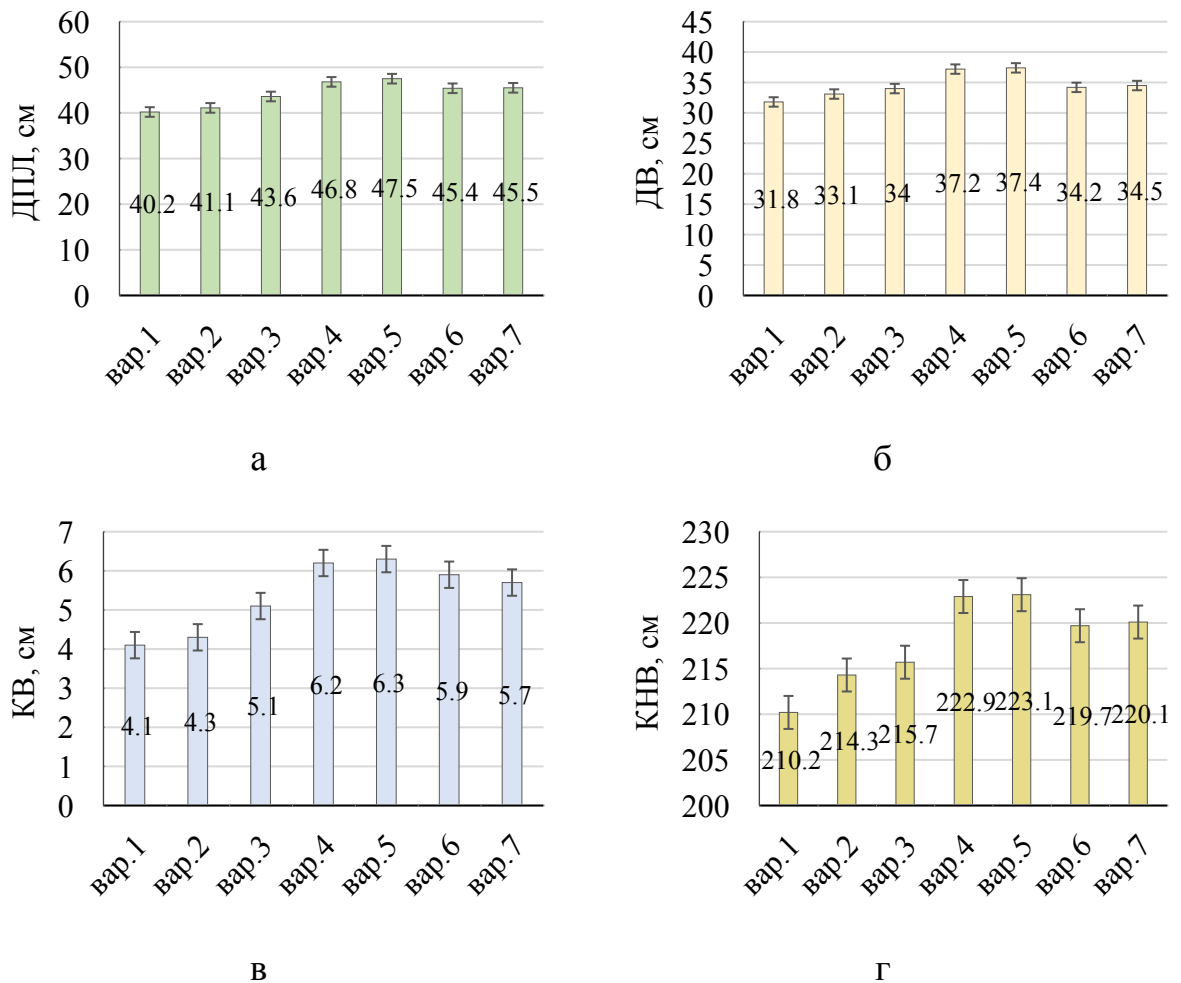
Біометричні показники рослин проса прутоподібного, 2023 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	Довжина прапорцевого листка, см	Довжина волоті, см	Кількість волотей, шт./ рослину	Кількість насіння з волоті, шт./ рослину	Маса насіння з волоті, г/рослину	Маса схожого насіння, г/рослину
вар. 1	40,2	31,8	4,1	210,2	0,063	0,033
вар. 2	41,1	33,1	4,3	214,3	0,069	0,041
вар. 3	43,6	34,0	5,1	215,7	0,074	0,047
вар. 4	46,8	37,2	6,2	222,9	0,090	0,061
вар. 5	47,5	37,4	6,3	223,1	0,092	0,062
вар. 6	45,4	34,2	5,9	219,7	0,079	0,050
вар. 7	45,5	34,5	5,7	220,1	0,080	0,049
Середнє	44,3	34,6	5,4	218,0	0,078	0,049
НІР ₀₅	0,21	0,18	0,12	0,71	0,002	0,001

*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

На третій вегетаційний рік біометричні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного змінювалися в межах: довжина прапорцевого листка – від 40,2 до 46,8 см, довжина волоті – від 31,8 до 37,4 см, кількість насіння з волоті – від 210,2 до 223,1 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 4,1 до 6,3 шт./рослину. Застосування позакореневого підживлення рослин 60 % розчину препарату 'Kristalon

Special' дозволило суттєво збільшити ці показники за варіантами досліду. Ці закономірності відображені на рис. 5.3.



*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.3. Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного: а — довжина волоті, б – кількість волотей, в – кількість насіння з волоті, г – маса насіння з волоті, 2023 р.

Аналіз даних графіків свідчить, що найбільші кількісні показники за довжиною прапорцевого листка та волоті були на варіантах 4 і 5 (відповідно обробка рослин хелатним препаратом концентрації 40 % і 60 %). Кількість насіння з волоті, та його маса суттєво зростають при внесенні у позакорене

підживлення препарату 'Kristalon Special' від 40 % і більше концентрації робочого розчину.

У середньому за три роки, порівняно з контролем виокремлено варіанти досліду на яких істотно зростають кількісні показники рослин залежно від щорічного застосування весняного підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного препаратом 'Kristalon Special' різних концентрацій (табл. 5.4).

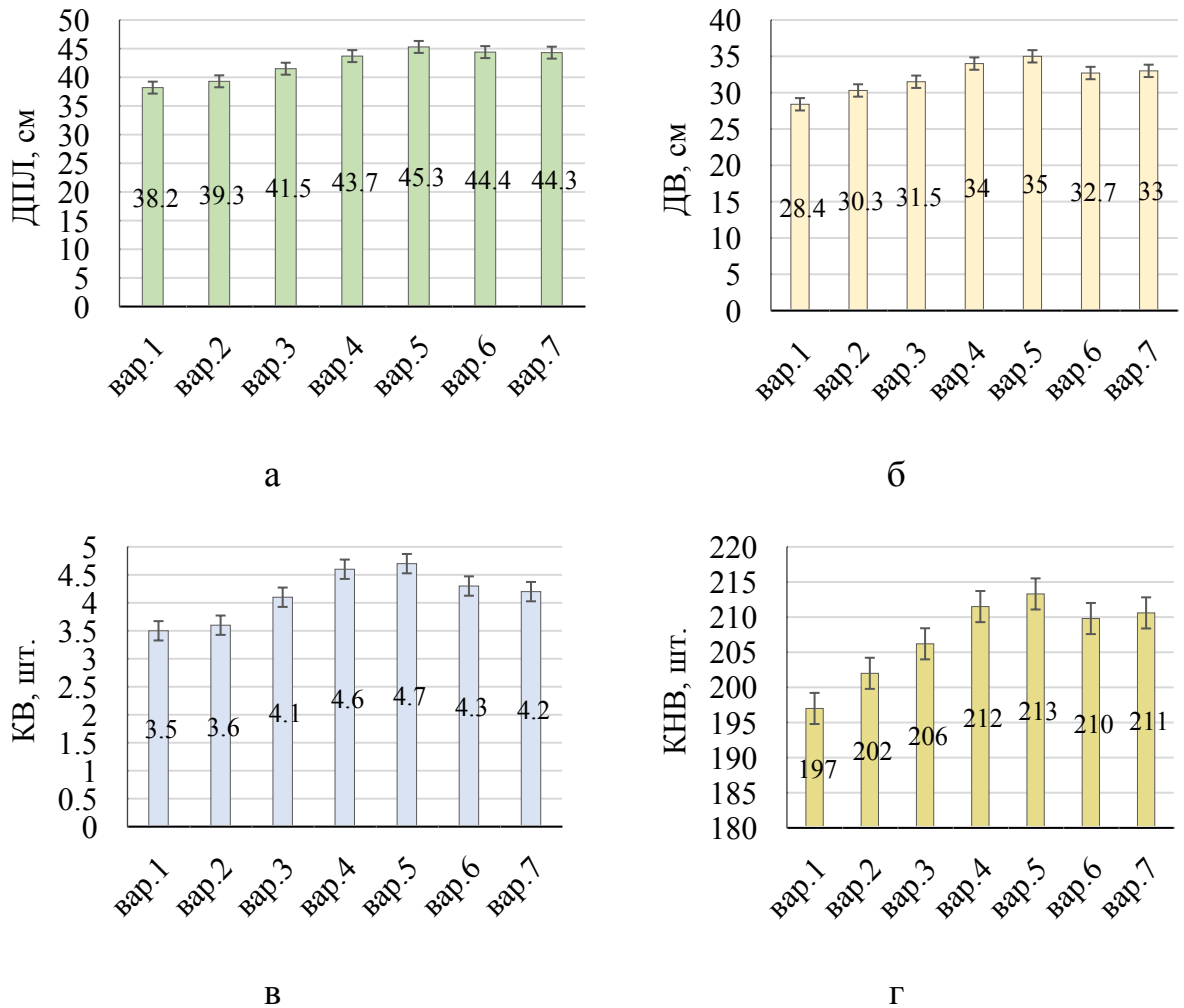
Таблиця 5.4

Біометричні показники рослин проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Варіант * підживлення	Показники					
	Довжина прапорцевого листка, см	Довжина волоті, см	Кількість волотей, шт./ рослину	Кількість насіння з волоті, шт./ рослину	Маса насіння з волоті, г/рослину	Маса схожого насіння, г/рослину
вар. 1	38,2	28,4	3,5	197,0	0,055	0,028
вар. 2	39,3	30,3	3,6	202,0	0,059	0,032
вар. 3	41,5	31,5	4,1	206,2	0,063	0,036
вар. 4	43,7	34,0	4,6	211,5	0,076	0,046
вар. 5	45,3	35,0	4,7	213,3	0,077	0,048
вар. 6	44,4	32,7	4,3	209,8	0,070	0,040
вар. 7	44,3	33,0	4,2	210,6	0,071	0,040
Середнє	42,4	32,1	4,1	207,2	0,067	0,039
НІР ₀₅	1,47	1,23	0,29	3,43	0,0048	0,0039

*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

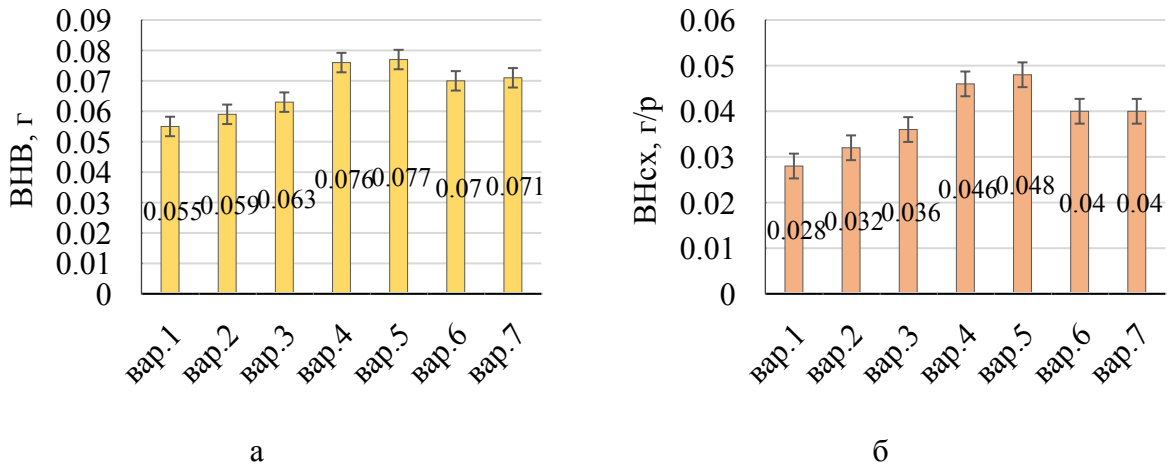
З-поміж варіанту досліду виокремлено: варіант 5 (обробка рослин 40-ка % робочим розчином препарату 'Kristalon Special'), що має істотний вплив на збільшення довжини прапорцевого листка проса прутоподібного, варіанти 4 і 5 (обробка рослин 40-ка та 60-ти % робочим розчином препарату 'Kristalon Special'), що мають суттєвий вплив на збільшення довжини волоті та їх кількості на рослину, при цьому зростають елементи насіннєвої продуктивності проса прутоподібного (рис. 5.4).



*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.4. Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутноподібного: а —довжина волоті, б – кількість волотей, в – кількість насіння з волоті, г – маса насіння з волоті, середнє за 2021–2023 рр.

Таким чином, за результатами проведених досліджень визначено ефективність застосування оптимальних концентрацій робочого розчину хелатного препарату 'Kristalon Special', що в свою чергу має істотний вплив та насіннєву продуктивність культури, як за масою насіння з волоті, так і маса схожого насіння з рослини (рис. 5.5).



**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.5. Насіннева продуктивність проса прутоподібного, середнє за 2021–2023 рр.

Встановлено істотний вплив на збільшення ваги насіння з волоті (0,076–0,077 г) і ваги схожого насіння з рослини (0,046–0,048 г) позакореневої обробки насінневих посівів проса прутоподібного 40-ка та 60-ти % робочим розчином препарату 'Kristalon Special'. На інших варіантах дослідів ці показники були суттєво нижчими, відповідно – менше 0,63 та 0,36 г.

5.2. Вплив підживлення на врожайність та якість насіння проса прутоподібного

За результатами трьохрічних досліджень встановлено, що позакореневе весняне підживлення насінних посівів різними концентраціями робочого розчину 'Kristalon Special' має суттєвий вплив як індивідуальну продуктивність насінних рослин, так і на загальну врожайність насіння (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Насіннева врожайність проса прутоподібного (кг/га), 2021–2023 рр.

Варіант * підживлення	Рік			Середнє за роки
	2021	2022	2023	
вар. 1	360,0	445,5	645,8	483,8
вар. 2	400,0	501,5	741,8	547,8
вар. 3	424,0	614,3	943,5	660,6
вар. 4	486,8	858,0	1395,0	913,3
вар. 5	472,0	911,3	1449,0	944,1
вар. 6	503,3	655,5	1165,3	774,7
вар. 7	496,0	647,5	1140,0	761,2
Середнє	448,9	661,9	1068,6	726,5
НІР ₀₅	10,53	10,28	10,25	10,87

*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Встановлені залежності між досліджуваними факторами та урожайністю насіння проса прутоподібного (рис. 5.6-5.7).

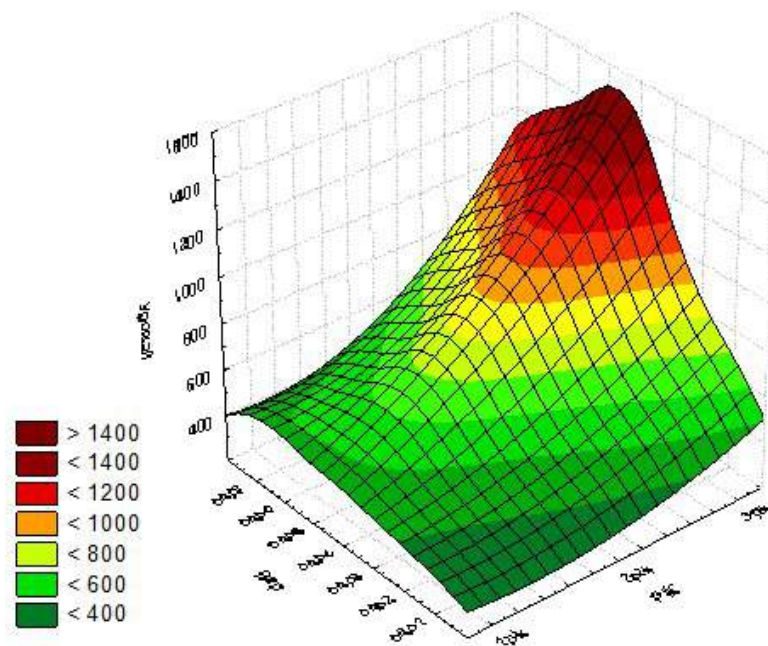


Рис. 5.6. Поверхня відгуку урожайності насіння залежно від року вегетації та застосування підживлення насінневих посівів проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

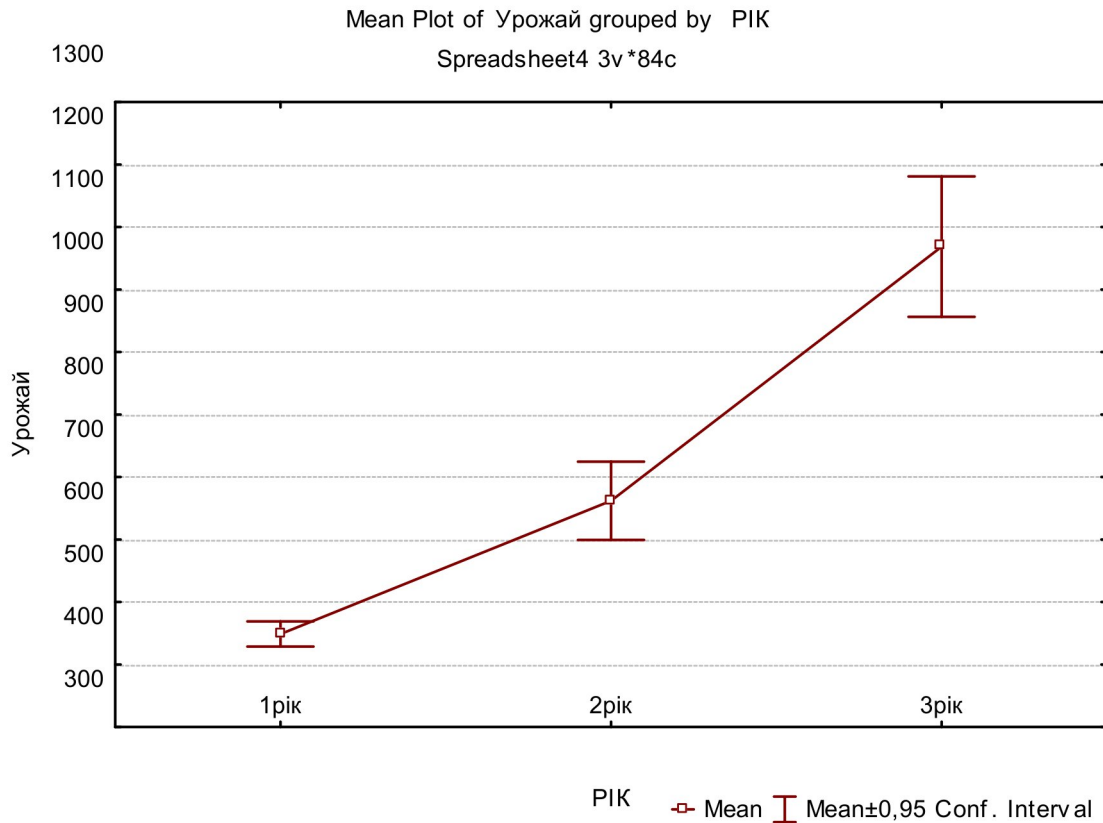
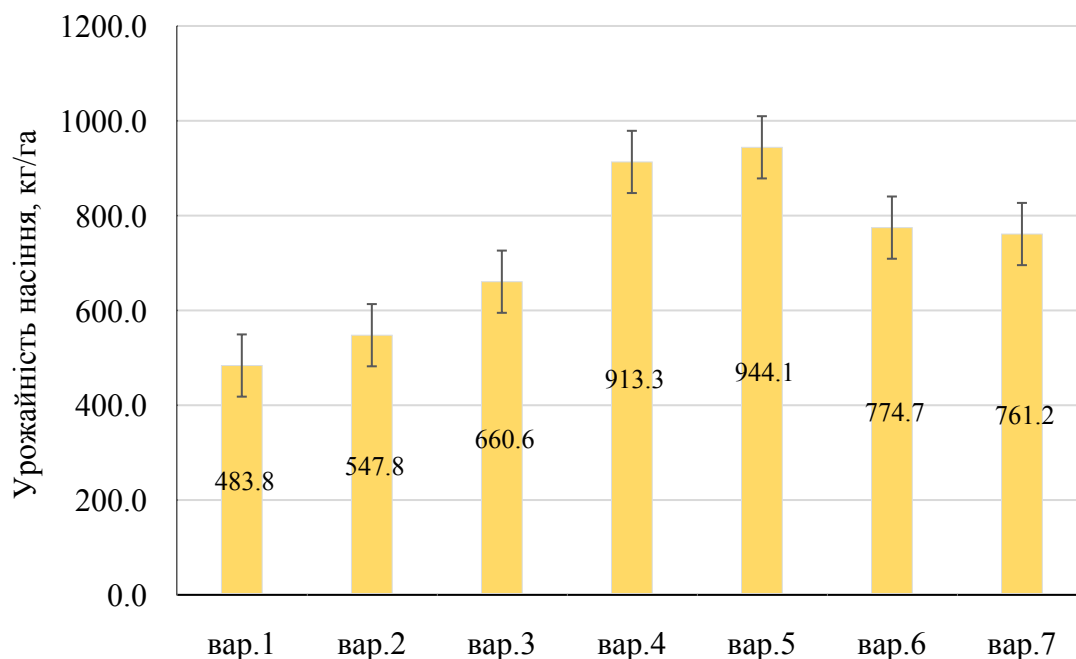


Рис. 5.7. Коробковий графік залежності урожайності насіння проса прутіподібного за роками дослідження, 2021-2023 рр.

Встановлено, що в умовах першого року урожайність насіння була низькою та варіювала від 360,0 до 503,3 кг/га, другого істотно вище – від 445,5 до 911,3 кг/га, та третього – від 645,8 до 1449,0 кг/га

Отже, найбільшу врожайність насіння (в динаміці років дослідження – від 472,0 до 1449,0 т/га, в середньому 944,1 т/га) отримали на варіантах застосування позакореневого підживлення рослин проса прутіподібного 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Високий рівень насінневої врожайності також відмічено на варіантах застосування 40 % робочого розчину хелатного препарату (в динаміці років дослідження – від 486,8 до 1395,0 т/га, в середньому 913,3 т/га).

Урожайність насіння проса прутіподібного у середньому за три роки за варіантами досліді варіювала у межах – від 483,8 до 944,1 кг/га. Цей показник змінювався залежно від досліджуваних чинників (рис. 5.8).



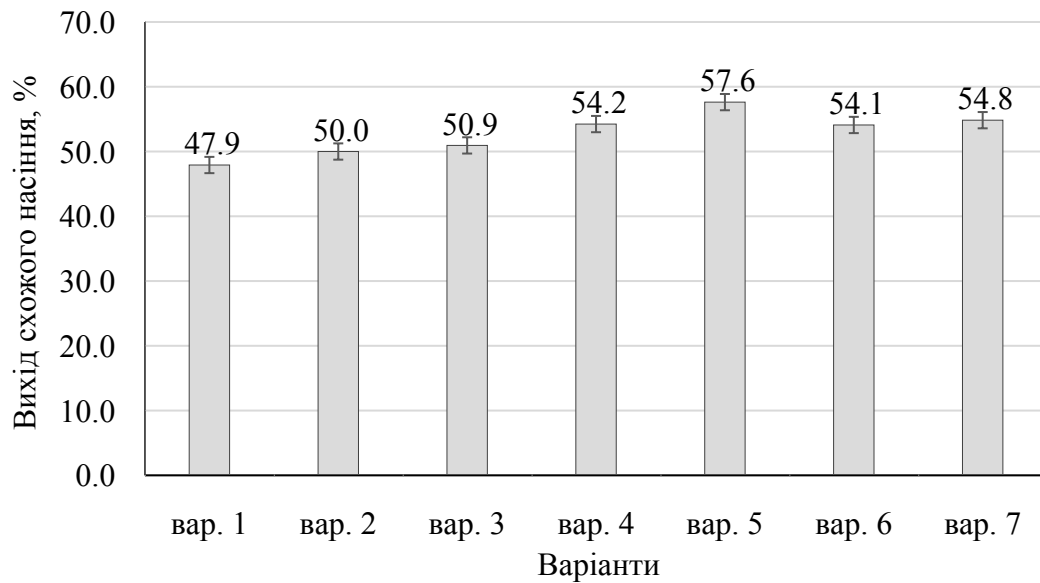
$HP_{05} = 7,8$ т/га

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.8. Урожайність насіння проса прутоподібного залежно від підживлення посівів, середнє за 2021–2023 рр.

Таким чином, встановлено, що застосування позакореневої обробки рослин хелатним препаратом Кристалон за концентрації 10–30 % не є ефективним, збільшення концентрації до 40–60 % має істотний вплив на зростання врожайності насіння проса прутоподібного, при збільшенні – до 80–100 % - цей показник поступово знижується. При цьому найбільш чітко прослідковується чіткі відмінності суттєвого зростання насінневої врожайності проса прутоподібного на варіантах 4 і 5.

З урахуванням ваги насіння до та після очистки ми визначили його якість за відсотком виходу схожого насіння проса прутоподібного за варіантами дослідів (рис. 5.9).



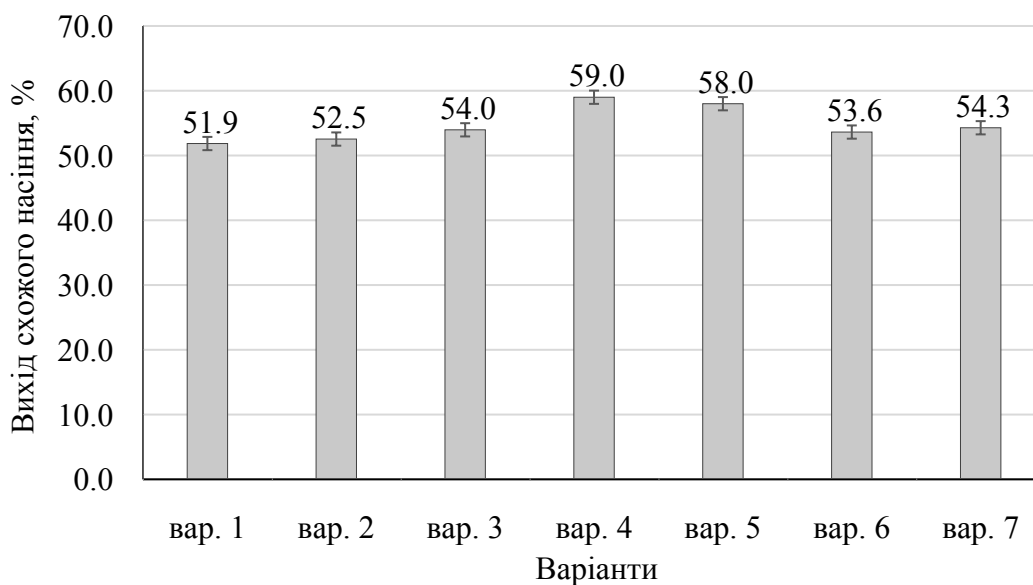
$HP_{05} = 0,52 \%$.

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.9. Відсоток виходу схожого насіння проса прутоподібного першого року вегетації, 2021 р.

Встановлено, що у перший рік вегетації проса прутоподібного порівняно із контрольними варіантами (47,9 %) найбільший вихід насіння (57,6 %) відмічали на варіантах обробки насінневих посівів 60 % робочим розчином препарату 'Kristalon Special'. Застосування більших високих концентрацій препарату (80–100 %) не призводило до істотного зростання даного показника. Що повзуємо з незначним виляганням рослин на цих варіантах досліду, та зниженням їх врожайності порівняно з іншими варіантами, а відповідно – і якості насіння за його відсотком схожості.

Різні концентрації застосування хелатного препарату мали вплив і на вихід схожого насіння проса прутоподібного і в умовах другого року вегетації. Цей показник варіював у межах – від 51,9 до 59,0 % (рис. 5.10).



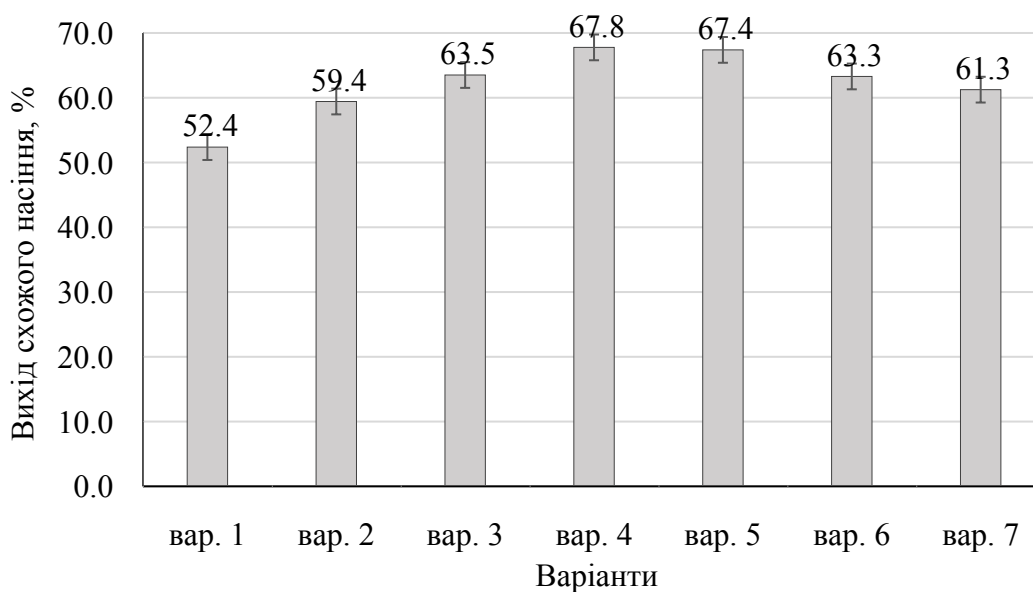
$HP_{05} = 0,22 \%$.

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.10. Відсоток виходу схожого насіння проса прутоподібного другого року вегетації, 2022 р.

Визначено, що відсоток виходу схожого насіння у рослин проса прутоподібного другого року вегетації змінювався в межах – від 51,9 до 59,0 %. Найбільше значення за цим показником зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % розчином 'Kristalon Special'. Як зменшені концентрації внесення препарату, так і збільшені не призводять до суттєвого підвищення даного показника.

Різні концентрації застосування за весняного підживлення посівів хелатного препарату Кристалон мали вплив і на якість насіння проса прутоподібного, що характерно і для умова третього року вегетації. Мінливість показника «вихід схожого насіння» проса прутоподібного третього року вегетації наведено на рис. 5.11.



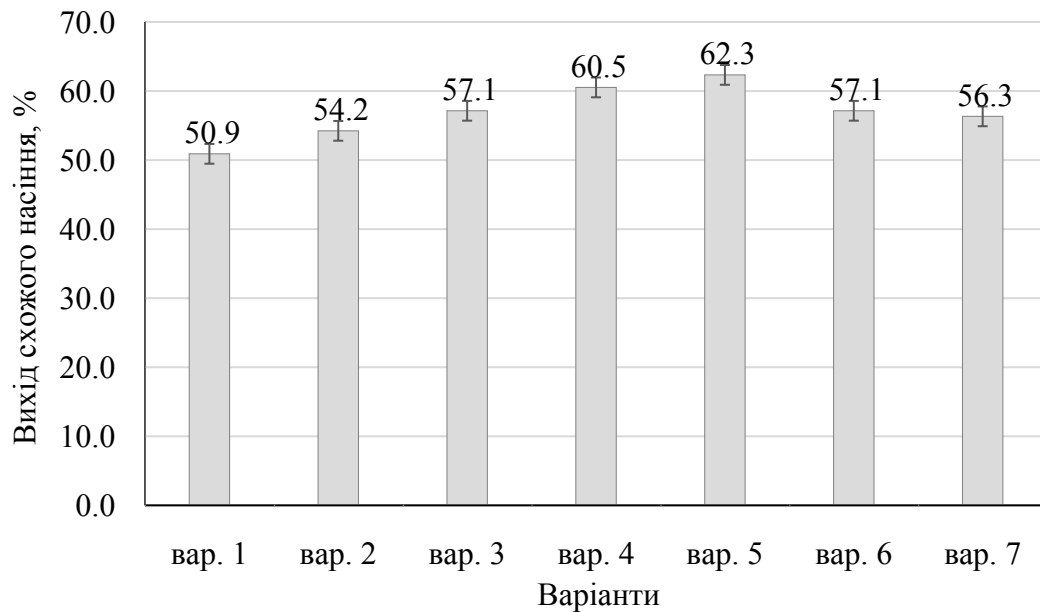
$HP_{05} = 0,12 \%$.

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.11. Відсоток виходу схожого насіння проса прутоподібного третього року вегетації, 2023 р.

Встановлено, що в умовах третього року вегетації якість насіння проса прутоподібного був мінливим показником. Визначено, що вихід схожого насіння був найбільшим на варіантах обробки рослин проса прутоподібного 40 і 60 % робочим розчином хелатного препарату, на інших – відмічали суттєве зниження даного показника.

У середньому за роки дослідження варіювання показника виходу схожого насіння проса прутоподібного за варіантами досліджу була в межах – від 50,9 до 62,3 % (рис. 5.12). При цьому найбільше значення за даним показником відмічено на варіантах позакоренового підживлення рослин 60 % робочим розчином насінних посівів проса прутоподібного препаратом Крісталон.



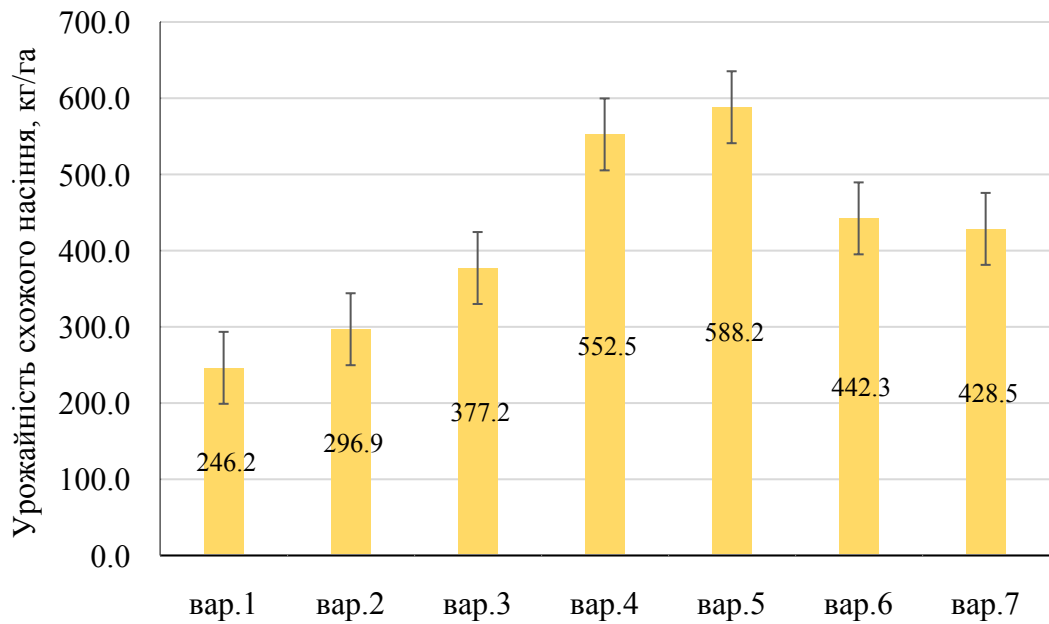
$HP_{05} = 3,07 \%$.

**Примітка:* вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.12. Відсоток виходу схожого насіння проса прутоподібного третього року вегетації, середнє за 2021–2023 рр.

Таким чином, у середньому за три роки дослідження визначено зміну якості насіння: відмічені тенденції суттєвого зростання виходу схожого насіння проса прутоподібного, порівняно з контролем (50,9 %) на варіантах позакореневої обробка рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special', відповідно – до 60,5 і 62,3 %.

З урахуванням виходу насіння ми встановили урожайність схожого насіння проса прутоподібного за варіантами досліду залежно від системи підживлення насінневих посівів. Цей показник змінювався у межах – від 246,2 кг/а (контроль) до 588,2 кг/га (обробка рослин 60 % робочим розчином Крісталону), рис. 5.13.



$HP_{05} = 12,4$ т/га.

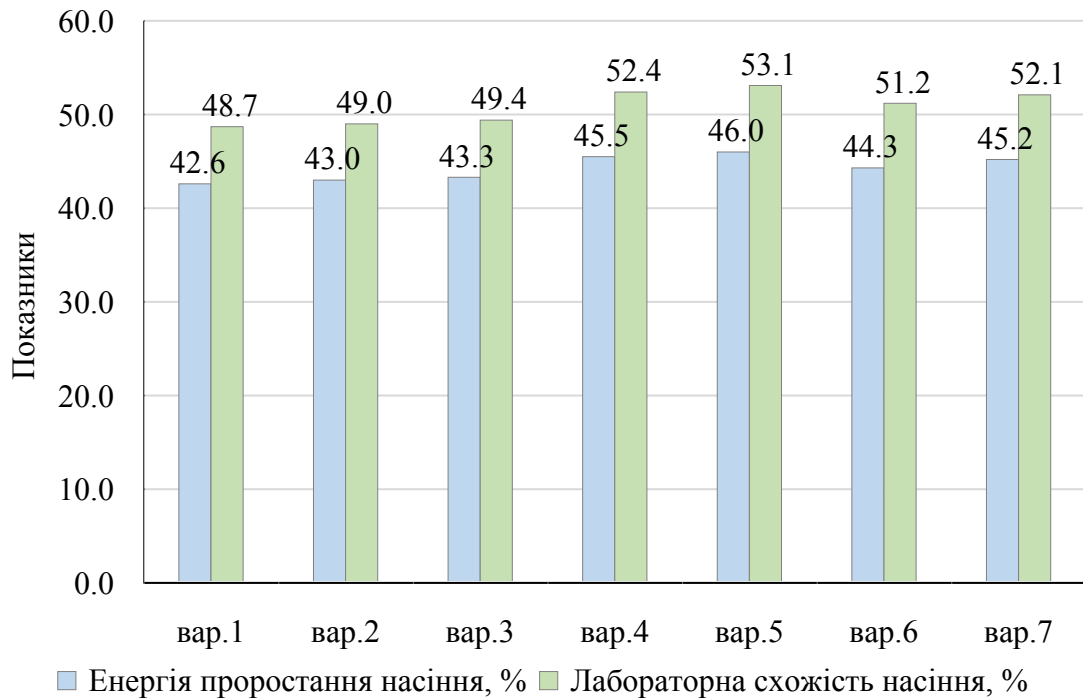
*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

Рис. 5.13. Урожайність схожого насіння проса прутподібного залежно від підживлення посівів, середнє за 2021–2023 рр.

З-поміж варіантів виокремлено ті, що істотно впливають на вихід схожого насіння проса прутподібного (до 552,5 та 588,2 кг/га відповідно) при позакореневій обробці рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'.

При визначенні якості насіння проса прутподібного (енергії проростання та лабораторної схожості) залежно від підживлення насінневих посівів встановлено, що застосування 60 % концентрації за позакореневої обробка рослин робочим розчином препарату 'Kristalon Special' ці показники суттєво змінювалися (рис. 5.14). Що пов'язуємо як з кращими умовами формування кількісних показників генеративної частини рослин (довжина

волоті, їх кількості, кількість насіння з волоті та маса насіння з неї), що також мало вплив і на якість насіння.



НІР₀₅ (енергія проростання) 0,5 % , НІР₀₅ (лабораторна схожість) 0,3 %.

*Примітка: вар. 1 – без обробки рослин (контр.), вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином препарату Крісталон, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином препарату Крісталон,, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату Крісталон.

**Рис. 5.14. Енергія проростання та лабораторна схожість насіння
проса прутоподібного залежно від підживлення посівів, середнє за
2021–2023 рр.**

У середньому за роки дослідження з-поміж досліджуваних варіантів найбільш ефективним виявилось застосування позакореневої обробки фітоценозів проса прутоподібного 40-ка % та 60-ти % робочим розчином 'Kristalon Special', при цьому відмічено зростання – до 45,5-46,0 % енергії проростання та до 52,4-53,1 % лабораторної схожості насіння. Застосування як зменшених, так і збільшених концентрацій даного препарату не призводило до збільшення посівних якостей насіння проса прутоподібного, а навіть

знижували їх. Що свідчить про значний вплив системи підживлення рослин на формування ними відповідної якості насіння.

5.3. Кореляційні зв'язки між кількісними показниками генеративної частини рослин та насіннєвою продуктивністю проса прутоподібного

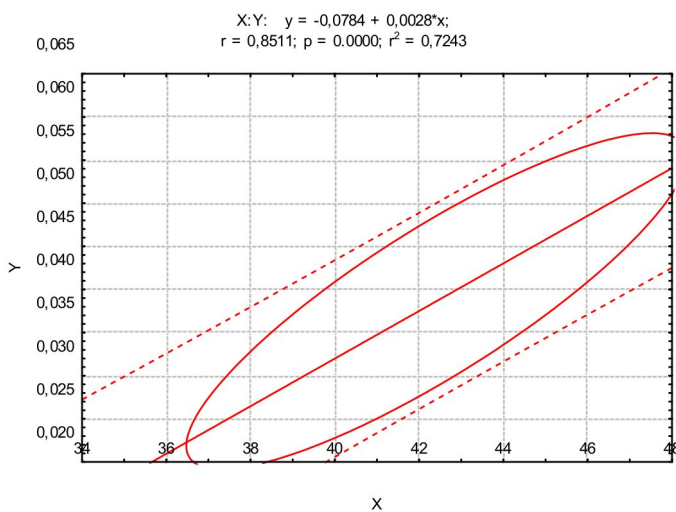
За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлені зв'язки між кількісними показниками генеративної частини рослин та насіннєвою продуктивністю проса прутоподібного за масою схожого насіння (табл. 5.6, рис. 5.15-5.17)

Таблиця 5.6

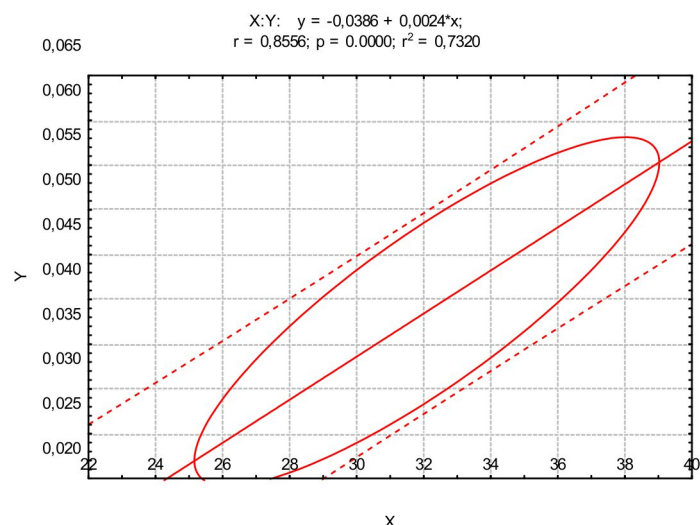
Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин та насіннєвою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

	ДПЛ	ДВ	КВР	КНВ	МНВ	МНсх
2021 рік	0,28	0,34	0,56	0,69	0,70	0,90
2022 рік	0,43	0,54	0,86	0,73	0,81	0,92
2023 рік	0,71	0,77	0,90	0,80	0,88	0,91
За усі роки	0,85	0,86	0,94	0,88	0,94	0,96

*Примітка: ДПЛ – довжина прапорцевого листка (см), ДВ – довжина волоті (см), КВР – кількість волотей на рослину (шт.), КНВ – кількість насіння у волоті (шт.), МНВ – маса насіння з волоті (г), МНсх – маса схожого насіння (г).



а



б

Рис. 5.15. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин (а – довжина прапорцевого листка, б – довжина волоті) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Визначено, що продуктивність насіння проса прутоподібного має тісний кореляційний зв'язок з довжиною прапорцевого листка ($r = 0,85$) та довжиною волоті ($r = 0,86$).

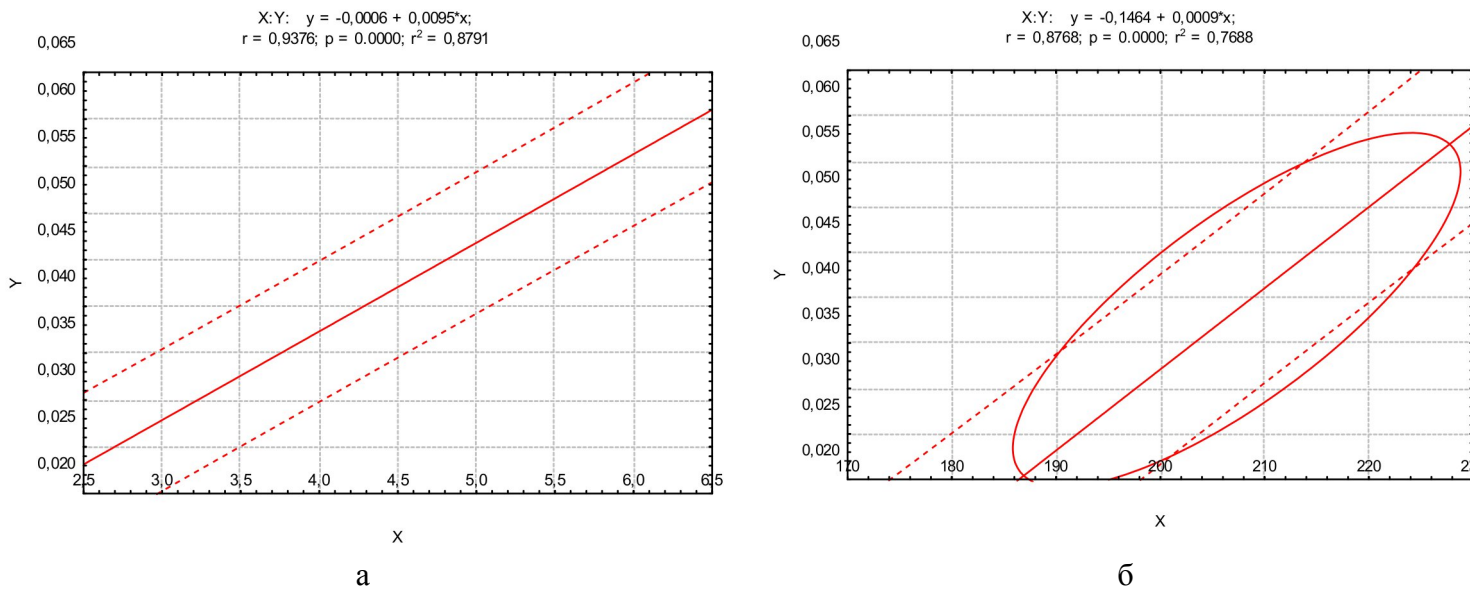


Рис. 5.16. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин (а – кількість волотей на рослині, б – кількість насіння з волоті) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Насіннева продуктивність проса прутоподібного має тісний кореляційний зв'язок з кількістю волотей на рослині ($r = 0,94$) та кількістю насіння з волоті ($r = 0,88$).

Маса насіння з волоті має щільний прямолінійний кореляційний зв'язок з насінневою продуктивністю проса прутоподібного ($r = 0,94$) та виходом схожого насіння ($r = 0,96$) при $p < 0,05$. Це свідчить про те, що зі збільшенням ваги насіння з волоті та відсотку виходу схожого насіння буде зростати насіннева продуктивність проса прутоподібного.

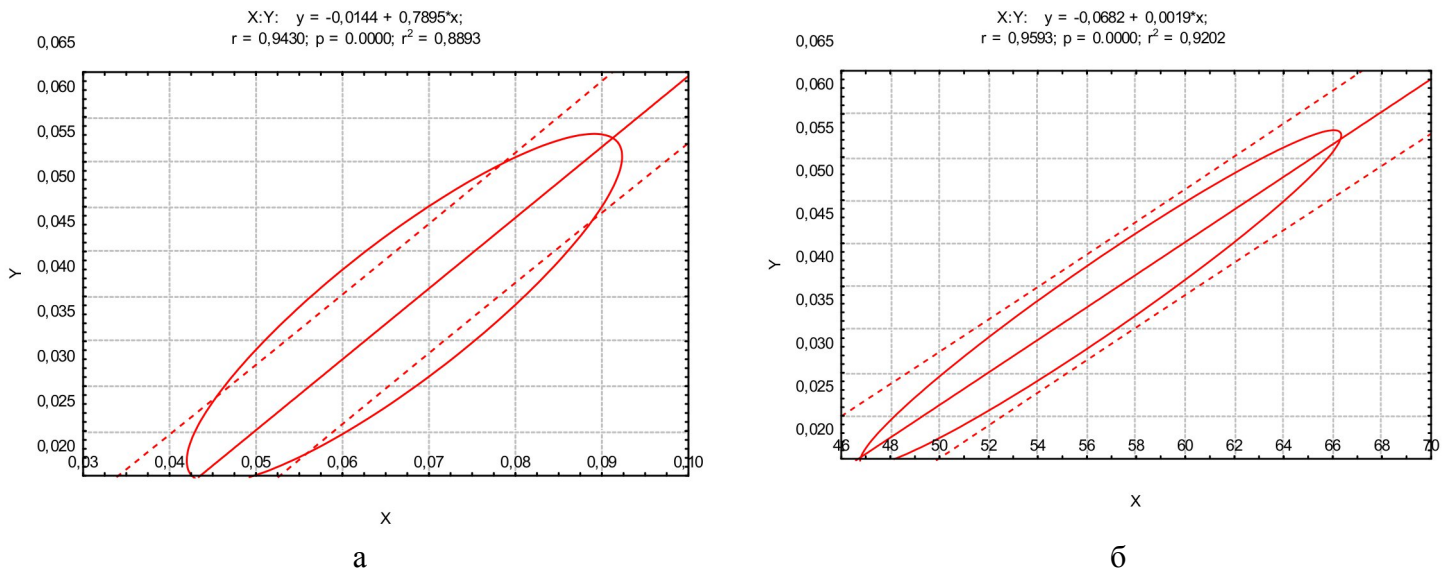


Рис. 5.17. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин (а – маса насіння з волоті, б – відсоток виходу схожого насіння) та насіннєвою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Таким чином, нами доведена ефективність виробництва насіння та поліпшення його якості за оптимізації системи живлення насінних рослин проса прутоподібного [161-164].

Висновки до розділу 5:

1. За результатами трьохрічних досліджень встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. Порівняно з контролем та іншими варіантами дослідження, відмічено суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннєва продуктивність проса прутоподібного за масою насіння 0,077 (г/рослину), а вихід схожого насіння був максимальним (62,3 %).

2. Встановлено, що найвища урожайність та вихід схожого насіння проса прутоподібного формуються при позакореневій обробці рослин 40-ка і

60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Визначено, що з-поміж варіантів виокремлено ті, що істотно впливають на вихід схожого насіння проса прутіподібного (до 552,5 та 588,2 кг/га відповідно) при позакореневій обробці рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Ці ж варіанти впливають на підвищення до 45,5-46,0 % енергії проростання та до 52,4-53,1 % лабораторної схожості насіння.

3. Обґрунтовано, що насіннева продуктивність проса прутіподібного знаходиться у тісній прямолінійній кореляційній залежності із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнтів кореляції $r > 0,71$. Маса насіння з волоті має щільний кореляційний зв'язок з насінневою продуктивністю проса прутіподібного ($r 0,94$) та виходом схожого насіння ($r 0,96$) при $p < 0,05$.

Публікації автора до розділу 5: 162–165.

РОЗДІЛ 6

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ, ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

6.1. Економічна ефективність виробництва насіння сортів проса прутоподібного з урахуванням удосконаленої технології вирощування

Заключним етапом будь-якого дослідження є оцінка економічної ефективності того чи іншого агрозаходу. Це дає можливість об'єктивно встановити результативність отримання певного виду продукції енергетичних культур, в тому числі і насіння проса прутоподібного.

Економічна результативність виробництва насіння проса прутоподібного дозволяє визначити найбільш ефективні заходи за його виробництва за удосконалених агротехнологій вирощування. В цьому плані передусім, важливим є оцінка економічної ефективності вирощування сортів (як основи вирощування) задля отримання насіння.

Під час проведення розрахунків економічної результативності виробництва насіння сортів проса прутоподібного ми враховували основні економічні показники. Основні затрати на вирощування ми визначали згідно технологічних карт по кожному сорту проса прутоподібного. Також враховали виробничу й повну собівартість виробництва насіння. Шляхом проведених розрахунків, згідно затверджених методик обраховували інші економічні показники. Основний економічний показник, що свідчить про результативність вирощування – це рівень рентабельності виробництва насіння. Він дає можливість повною мірою оцінити окупність кожної гривні вкладених затрат на виробництво насіння в розрізі екотипів досліджуваних сортів проса прутоподібного та агрозаходів за його виробництва [166, 167].

При виробництві насіння сортів проса прутоподібного отримали його врожайність, що змінювалася у межах – від 0,19 до 0,42 т/га (для височинного екотипу), та – від 0,15 до 0,20 т/га (низовинний екотип). Тому, відповідно були різними й виробничі затрати на виробництво такого обсягу насінневого матеріалу та показники економічної ефективності (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

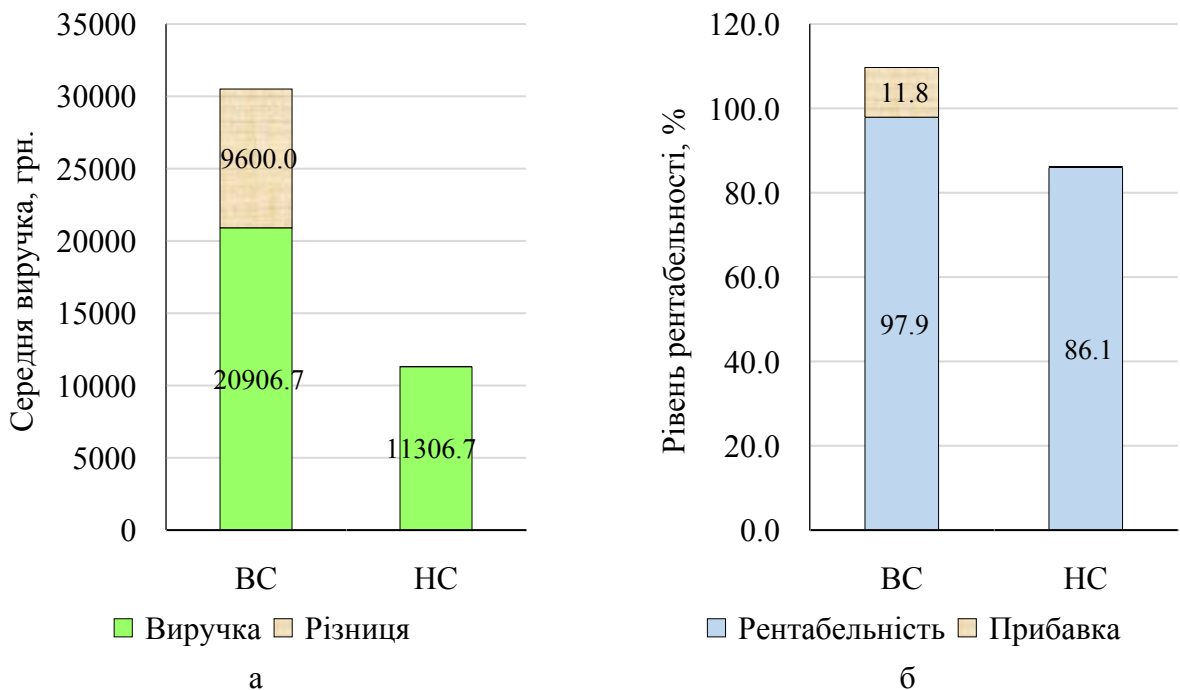
Економічна ефективність виробництва насіння сортів проса прутоподібного залежно від екотипу

Екотип	Сорт	Урожай- ність, т/га	Показники економічної ефективності*				
			C_v	C_n	V_p	P_p	P_{vir}
височинний	Каргадж	0,35	15582,8	18332,7	22400,0	52379,1	111,8
	Блеквелл	0,32	15579,14	18328,4	20480,0	57276,3	93,7
	Патфіндер	0,30	15566,48	18313,5	19200,0	61045,0	81,8
	Шелтер	0,37	15602,35	18355,7	23680,0	49610,0	123,6
	Кейв-ін-рок	0,38	15608,89	18363,4	24320,0	48324,7	129,6
	Форестбург	0,38	15606,51	18360,6	24320,0	48317,4	129,6
	Санберст	0,24	15478,67	18210,2	15360,0	75875,8	46,2
	Зоряне	0,42	15616,37	18372,2	26880,0	43743,3	153,6
	Лядовське	0,39	15614,08	18369,5	24960,0	47101,3	135,6
	Морозко	0,37	15600,56	18353,6	23680,0	49604,3	123,7
	Дакота	0,21	15400,81	18118,6	13440,0	86279,0	28,6
	Небраска	0,19	15397,92	18115,2	12160,0	95343,2	16,4
Середнє за екотипом		0,33	15554,5	18299,5	20906,7	59575,0	97,9
низовинний	Канлоу	0,20	6242,83	7344,5	12800,0	36722,5	93,2
	Аламо	0,18	5361,29	6307,4	11520,0	35041,1	102,5
	Пангбурн	0,15	5567,59	6550,1	9600,0	43667,3	62,5
Середнє за екотипом		0,18	5723,9	6734,0	11306,7	38477,0	86,1

*Примітка: C_v – виробнича собівартість, грн/т; C_n – повна собівартість, грн/т; V_p – виручка від реалізації насіння, грн; P_p – валовий прибуток від реалізації насіння, грн; P – рівень рентабельності виробництва, %.

Відповідно проведених розрахунків визначено, що рівень рентабельності виробництва насіння сортів проса прутоподібного залежав від еко типу сорту. Цей економічний показник в межах височинного еко типу варіював у середньому в межах – від 16,4 до 153,6 %, з найбільшим значенням у сортів: Зоряне (153,6 %) і Лядовське (135,6 %). У сортів низовинного еко типу рівень рентабельності виробництва насіння був значно нижчим та змінювався у межах – від 62,5 до 102,5 %.

Підбір до вирощування вищевказаних сортів групи височинного еко типу дозволяє збільшити в середньому виручку реалізації насіння до 20906,7 грн/га, порівняно з низовинними сортами, в яких цей показник був на рівні 11306,7 грн/га, та підвищити рівень рентабельності виробництва продукції (насіння) відповідно за еко типами – до 97,9 % та 86,1 % (рис. 6.1).



Примітка: ВС – височинні сорти, НС – низовинні сорти.

Рис. 6.1. Показники економічної ефективності виробництва насіння проса прутоподібного залежно від еко типу сорту: а – прибуток від реалізації насіння, б – рівень рентабельності.

Таким чином, що з-поміж сортів проса прутоподібного височинного еко типу найбільш прибутковим та рентабельним буде виробництво насіння сортів: Зоряне та Лядовське, низовинного – сорт Аламо.

Проведемо оцінювання економічної ефективності виробництва насіння сортів проса прутоподібного залежно технології вирощування потомства (табл. 6.2, рис. 6.2).

Таблиця 6.2

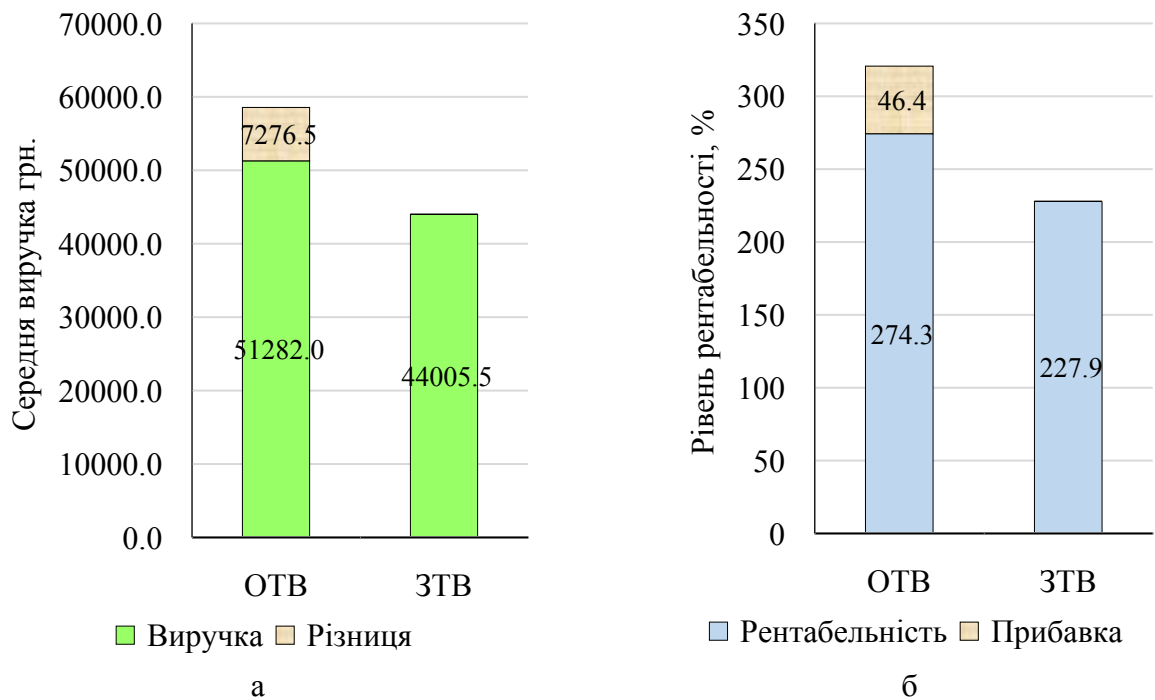
Економічна ефективність виробництва насіння сортів проса прутоподібного залежно технології вирощування потомства

Технологія вирощування	Сорт	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності*				
			C_v	C_n	V_p	P_p	P_{vir}
звичайна	Зоряне	0,77	15790,50	18790,00	80041,5	24402,6	326,0
	Кейв-ін-рок	0,62	15712,30	18715,10	64449,0	30185,6	244,4
	Морозко	0,38	15521,40	18522,50	39501,0	48743,4	113,3
Середнє за сортами		0,59	15674,7	18675,9	61330,5	34443,9	227,9
оптимізована	Зоряне	0,82	15610,40	18611,30	85239,0	22696,7	358,0
	Кейв-ін-рок	0,74	15796,60	18800,20	76923,0	25405,7	309,2
	Морозко	0,46	15704,30	18705,00	47817,0	40663,0	155,6
Середнє за сортами		0,67	15703,8	18705,5	69993,0	29588,5	274,3

*Примітка: C_v – виробнича собівартість, грн/т; C_n – повна собівартість, грн/т; V_p – виручка від реалізації насіння, грн; P_p – валовий прибуток від реалізації насіння, грн; P – рівень рентабельності виробництва, %.

Незважаючи на збільшення виробничої та повної собівартості в середньому на 29,04 грн та 29,63 грн відповідно, впровадження оптимізованої технології вирощування насінневого потомства забезпечило зростання виручки до 69993,0 грн. Крім того, підвищення рівня рентабельності виробництва насіння – до 274,3 %, свідчить про високу економічну ефективність застосування оптимізованого підходу за виробництва насіння проса прутоподібного.

Виокремо та проаналізуємо головні показники економічної ефективності виробництва насіння проса прутоподібного залежно від технології вирощування потомства: середня виручка від реалізації продукції та рівень рентабельності виробництва насіння (рис. 6.2).



Примітка: ОТВ – оптимізована технологія вирощування, ЗТВ – звичайна технологія вирощування.

Рис. 6.2. Показники економічної ефективності (а – прибуток від реалізації насіння, б – рівень рентабельності) виробництва насіння проса прутоподібного залежно технології вирощування потомства

Обрахунки ефективності виробництва насіння потомства проса прутоподібного свідчать, що оптимізація технології вирощування насіння сортів проса прутоподібного у середньому дозволяє збільшити виручку реалізації продукції до 69993,0 грн/га, що на 7276,5 грн. порівняно із звичайною (61330,5 грн/га), а також підвищити рівень рентабельності виробництва продукції у середньому за три роки – до 46,4 %.

Отже, оптимізація технології вирощування насіння потомства сортів проса прутоподібного за роки дослідження дозволяє збільшити показники економічної ефективності.

6.2. Енергетична ефективність виробництва насіння сортів проса прутоподібного з урахуванням удосконаленої технології вирощування

Розрахунок енергетичної ефективності виробництва насіння сортів проводили з урахуванням його енергоємності у тісному зв'язку з урожайністю за досліджуваними сортами (табл. 6.3).

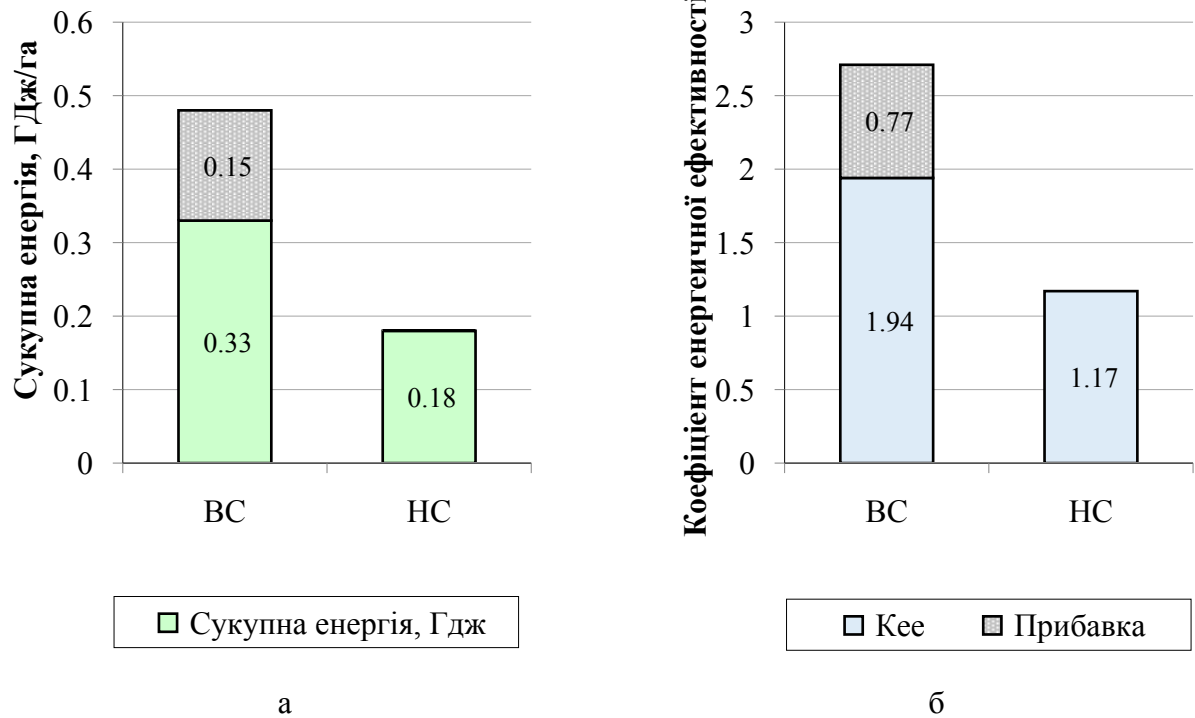
Таблиця 6.3

Енергетична ефективність виробництва насіння сортів проса прутоподібного

Екотип	Сорт	Урожай- ність, т/га	Показники енергетичної ефективності*					
			$V_{сн}$	$E_{пр}$	E_c	ЕМ	P_p	$K_{еє}$
височинний	Картадж	0,56	0,35	68,25	32,8	93,7	35,5	2,1
	Блеквелл	0,52	0,32	62,4	32,5	101,6	29,9	1,9
	Патфіндер	0,49	0,30	58,5	32,4	108,0	26,1	1,8
	Шелтер	0,61	0,37	72,15	33,4	90,3	38,8	2,2
	Кейв-ін-рок	0,61	0,38	74,1	33,4	87,9	40,7	2,2
	Форестбург	0,60	0,37	74,1	33,3	90,0	40,8	2,2
	Санберст	0,39	0,24	46,8	31,6	131,7	15,2	1,5
	Зоряне	0,68	0,42	81,9	33,9	80,7	48,0	2,4
	Лядовське	0,64	0,39	76,05	33,7	86,4	42,4	2,3
	Морозко	0,60	0,37	72,15	33,1	89,5	39,1	2,2
	Дакота	0,34	0,21	40,95	30,6	145,7	10,4	1,3
	Небраска	0,31	0,19	37,05	30,3	93,7	6,8	1,2
Середнє за екотипом		0,53	0,33	63,70	32,58	100,5	31,14	1,94
низовинний	Канлоу	0,31	0,20	39,0	30,2	101,1	8,8	1,3
	Аламо	0,27	0,18	35,1	28,7	100,4	6,4	1,2
	Пангбурн	0,21	0,15	29,3	28,4	101,4	0,9	1,0
Середнє за екотипом		0,26	0,18	34,47	29,10	101,0	5,37	1,17

*Примітка: : $V_{сн}$ – вихід схожого насіння, т/га; $E_{пр}$ – сукупна енергія, накопичена в насінні, МДж/га; E_c – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, МДж/га; ЕМ – енергомісткість технології виробництва, МДж/т; P_p – енергетичний прибуток вирощування насіння, МДж/га; $K_{еє}$ – коефіцієнт енергетичної ефективності.

Встановлено, що із зменшенням витрат енергії на виробництво насіння прутюподібного збільшується коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва. Дана закономірність відмічена як у розрізі сортів, так і в сукупності по екотипам (рис. 6.3).



Примітка: ВС – височинні сорти, НС – низовинні сорти.

Рис. 6.3. Показники енергетичної ефективності виробництва насіння сортів проса прутюподібного: а – сукупна енергія, накопичена в насінні, б – коефіцієнт енергетичної ефективності

Так, у височинних сортів проса прутюподібного сукупна енергія накопичена в насінні (0,33 ГДж/га) була більшою на 0,15 ГДж/га у порівнянні з низовинними (0,18 ГДж/га). При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності був теж більшим на 0,77 пунктів.

Розрахунок енергетичної ефективності виробництва насіння проса прутюподібного за різних енергетичних витрат при тій чи іншій агротехнології виробництва проводили з урахуванням її енергоємності. Здійснимо оцінювання енергетичної ефективності виробництва насіння сортів проса прутюподібного залежно технології вирощування потомства (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

**Енергетична ефективність виробництва насіння сортів
проса прутоподібного залежно технології вирощування потомства**

Технологія вирощування	Сорт	Урожайність, т/га	Показники енергетичної ефективності*					
			$V_{сн}$	$E_{пр}$	E_c	ЕМ	P_p	$K_{ее}$
Звичайна	Зоряне	1,24	0,77	150,20	35,8	46,5	114,4	4,2
	Кейв-ін-рок	1,00	0,62	120,90	33,5	54,0	87,4	3,6
	Морозко	0,62	0,38	74,10	31,3	82,4	42,8	2,4
Середнє за сортами		0,95	0,59	115,07	33,5	61,0	81,5	3,4
Оптимізована	Зоряне	1,32	0,82	159,90	36,2	44,1	123,7	4,4
	Кейв-ін-рок	1,20	0,74	144,30	34,3	46,4	110,0	4,2
	Морозко	0,75	0,46	89,70	32,1	69,8	57,6	2,8
Середнє за сортами		1,09	0,67	131,30	34,2	53,4	97,1	3,8

*Примітка: $V_{сн}$ – вихід схожого насіння, т/га; $E_{пр}$ – сукупна енергія, накопичена в насінні, ГДж/га; E_c – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, ГДж/га; ЕМ – енергомісткість технології виробництва, ГДж/т; P_p – енергетичний прибуток вирощування насіння, ГДж/га; $K_{ее}$ – коефіцієнт енергетичної ефективності.

З-поміж сортів проса прутоподібного, поставлених на вивчення, найбільшу сукупну енергію, що накопичилася в насінні, забезпечив сорт Зоряне – 159,90 ГДж/га за оптимізованої технології вирощування (коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,4). Суттєво нижчим цей показник був у сортів Кейв-ін-Рок – 144,30 ГДж/га (коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,2) та Морозко – 89,70 ГДж/га (коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,8).

Розглянемо ключові показники енергетичної ефективності виробництва насіння проса прутоподібного залежно від технології вирощування потомства (рис. 6.4).

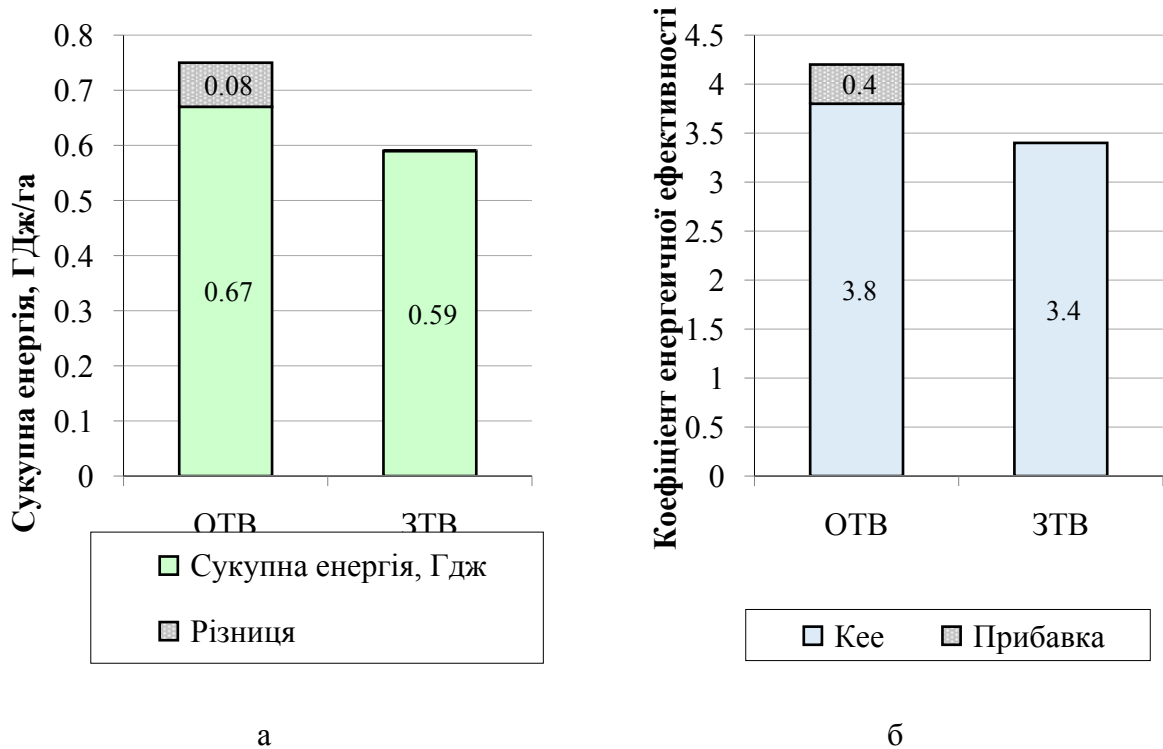


Рис. 6.4. Показники енергетичної ефективності виробництва насіння проса прутоподібного залежно технології вирощування материнських рослин: а – сукупна енергія, накопичена в насінні, б – коефіцієнт енергетичної ефективності

За вирощування насінневого потомства в середньому сукупна енергія, накопичена в насінні проса прутоподібного збільшилась на 16,23 ГДж/га до 131,30 ГДж/га за оптимізованої технології, порівняно зі звичайною – 115,07 ГДж/га. Що також дало можливість підвищити коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,4 до 3,8 за оптимізованої технології, порівняно зі звичайною – 3,4.

Таким чином, нами підтверджена думка, що сортові властивості та удосконалення технології вирощування насінників проса прутоподібного впливає на ефективність виробництва його насіння. При цьому необхідно враховувати менеджмент посівів, на основі оптимізації операцій логістичного ланцюга виробництва як насіння, так і біомаси проса прутоподібного (рис. 6.5).

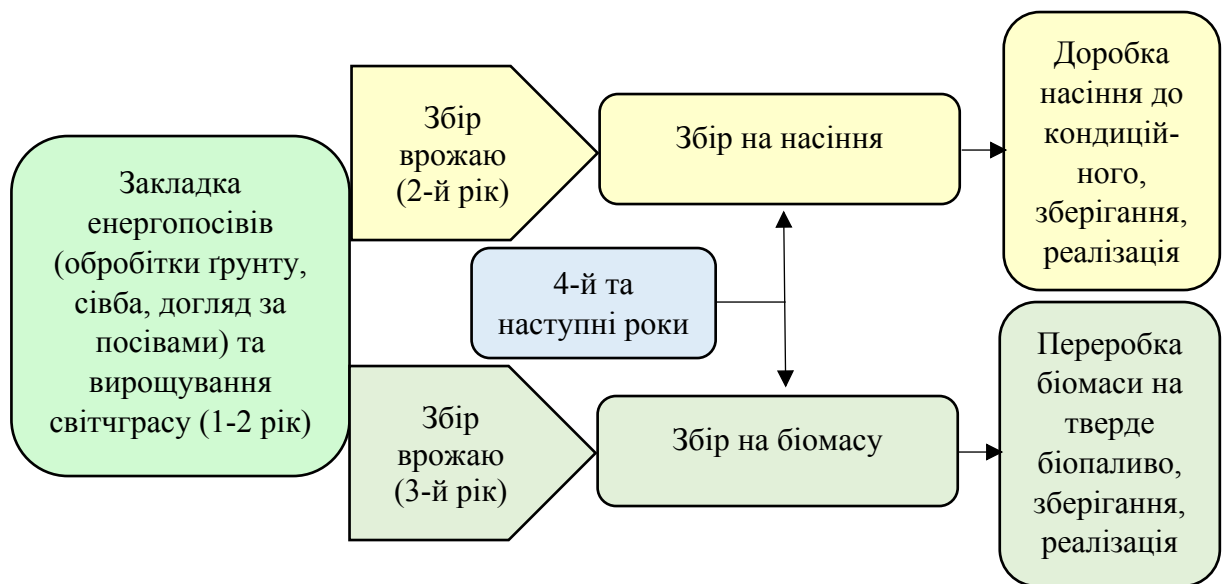


Рис. 6.5. Логістичний ланцюг виробництва біомаси та насіння проса прутоподібного за багаторічного використання енергопосівів

Логістичний ланцюг виробництва насіння та біомаси передусім передбачатиме: закладку енергопосівів та виращування проса прутоподібного протягом 1–2 років для укорінення рослин. В подальшому – збір врожаю насіння (на другий рік) та біомаси (на третій рік), в послідуочі роки – щорічний збір як біомаси, так і насіння. В означені періоди необхідно застосувати рекомендовані елементи технології виращування насінників – для збільшення врожайності та якості насіння виокремлених сортів проса прутоподібного.

Після кожного збору врожаю насіння проса прутоподібного проводять відповідні операції для доробки насінневого матеріалу: підсушування, очищення й сортування, закладають його на зберігання та в послідуочому використовують насіння для розширення власних площ енергопосівів (для отримання біомаси), або для реалізації.

Висновки до розділу 6:

1. Економічна та енергетична ефективність виробництва насіння проса прутоподібного значною мірою залежить від сорту, агротехнології вирощування як материнських рослин, так і потомства. Запровадження оптимізованих елементів агротехнології забезпечило суттєве зростання врожайності насіння, а також підвищенню економічної та енергетичної ефективності його виробництва.

2. З-поміж сортів проса прутоподібного найбільш рентабельним виявилось виробництво насіння у сортів височинного екотипу: Зоряне (153,6 %) і Лядовське (135,6 %). У сортів низовинного екотипу рівень рентабельності виробництва насіння був значно нижчим та змінювався у межах – від 62,5 до 102,5 % з найбільшим значенням у сорту Аламо.

3. Встановлено, що у височинних сортів проса прутоподібного сукупна енергія накопичена в насінні (0,33 ГДж/га) була більшою на 0,15 ГДж/га у порівнянні з низовинними (0,18 ГДж/га). При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності був теж більшим на 0,77 пунктів з найбільшим значенням у сортів Зоряне і Лядівське.

4. Використання оптимізованої технології забезпечило в середньому зростання виручки до та 69993,0 грн для насіннєвого потомства проса прутоподібного, а також збільшення рівня рентабельності його виробництва до 274,3 %.

5. Визначено найвищу сукупну енергію, що накопичена в насінні потомства проса прутоподібного в середньому становить 131,30 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,8. Зважаючи на вищенаведене, підтверджено доцільність та ефективність застосування оптимізованої агротехнології при виробництві насіння проса прутоподібного.

Публікації автора до розділу 6: 171–173.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано теоретичні положення та розроблено науково-практичні способи підвищення насінневої врожайності та якості насіння проса прутоподібного за вивчення іноземних та українських сортозразків з урахуванням погодних умов періоду вирощування та удосконалення елементів агротехнології.

1. Встановлено висока комплексна стійкість рослин проса прутоподібного до умов вирощування (на рівні або більше 4,7 балів), яка притаманна сортам височинного еко типу: Кейв-ін-рок, Форестбург, Зоряне, Лядовське, Морозко у порівнянні з низовинним (на рівні або менше 4,0 балів): Канлоу, Аламо і Пантбург. Визначено, що найбільш тривалий вегетаційний період був у сортів проса прутоподібного низовинного еко типу – на 10,0 діб більше порівняно із височинними.

2. Обґрунтовано, що основні кількісні показники вегетативної частини рослин проса прутоподібного у височинних сортів проса прутоподібного за кількістю стебел істотно перевищують низовинні 510,3±5,2 стебел, шт./м² на противагу 312,4±7,1 стебел, шт./м². За іншими біометричними показниками рослин (висота стеблостою та кількість листків на стеблі) відмічена перевага за низовинними сортами проса прутоподібного. За генеративною частиною рослин, порівняно із новинними виокремлено височинні сорти проса прутоподібного за довжиною волоті (46,4±2,4 см), їх кількістю на рослину (4,1±0,3 шт). Маса насіння з усієї рослини з урахуванням кількості волотей на ній сягала – 0,205 г у височинних, що на 53,0 г більше ніж у низовинних (0,152 г).

3. Визначено, що загальна урожайність насіння істотно більшою була у сортів проса прутоподібного височинного еко типу (615,0 кг/га) з виходом схожого 290,0 кг/га, порівняно із низовинними (456,0 кг/га), вихід схожого насіння 220,0 кг/га. З-поміж сортів проса прутоподібного високу насінневу врожайність у середньому за роки формують сорти української селекції:

Зоряне, Морозко та Лядовське (від 748,3 до 786,3 кг/га) та іноземної: Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg (від 719,0 до 735,0 кг/га). Низька врожайність відмічена у сортів низовинного еко типу: Kanlow й Alamo (відповідно 460,0 і 452,2 кг/га). Доказову вищу енергію проростання (від 45,2 до 46,0 %) й лабораторну схожість насіння (від 47,1 до 49,5 %) забезпечують сорти проса прутоподібного височинного еко типу, порівняно з низовинними.

4. Обґрунтовано, що на збільшення врожайності насіння проса прутоподібного суттєвий вплив має культивування сортів Зоряне, Кейв-ін-рок і Морозко за оптимізованої технології вирощування. Ця технологія поєднує весняну сівбу культури, визначеною нормою висіву насіння, широкорядний спосіб сівби (для усіх сортів – міжряддя 60 см) та застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N_{45}) на фоні основного удобрення та $(PK)_{60}$. Визначено істотне підвищення урожайних властивостей насіння проса прутоподібного при застосуванням оптимізованих елементів технології вирощування рослин: для сорту Зоряне прибавка сягала 0,05 т/га (від 0,77 до 0,82 т/га), для сорту Кейв-ін-рок – 0,12 т/га (від 0,62 до 0,74 т/га), а для сорту Морозко – 0,08 т/га (від 0,38 до 0,46 т/га).

5. Встановлено поліпшення посівних якостей насіння (енергії проростання та лабораторної схожості) за оптимізовано технології вирощування: для сорту Зоряне відповідно показників: $44,5 \pm 0,7$ % і $51,3 \pm 0,7$ %; Кейв-ін-рок $44,1 \pm 0,6$ % і $49,2 \pm 0,4$ %; та сорту Морозко – $37,1 \pm 0,3$ % і $42,3 \pm 0,4$ %. Також на цих варіантах відмічено підвищення маси 1000 насінин – від 1,33 до 1,55 г.

6. Визначено, що залежно від технології вирощування рослин проса прутоподібного у досліджуваних сортів виявлено середню ($r > 0,31$) або сильну ($r > 0,70$) кореляцію між кількістю волотей на рослині та масою насіння з них та врожайністю насіння. Встановлено слабку кореляцію, або її відсутність – між довжиною волоті та врожайністю насіння ($r < 0,31$). Водночас, виявлено, що за оптимізації елементів технології вирощування

потомства спостерігається посилення щільності прямолінійного зв'язку між масою насіння з волоті та усієї рослини і врожайністю схожого насіння проса прутоподібного усіх досліджуваних сортів.

7. Встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. Порівняно з контролем та іншими варіантами досліду, відмічено суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннева продуктивність проса прутоподібного за масою насіння 0,077 (г/рослину), а вихід схожого насіння був максимальним (62,3 %).

8. Визначено, що найвища урожайність та вихід схожого насіння проса прутоподібного формуються при позакореневій обробці рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Визначено, що з-поміж варіантів виокремлено ті, що істотно впливають на вихід схожого насіння проса прутоподібного (до 552,5 та 588,2 кг/га відповідно) при позакореневій обробці рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Що також дозволяє істотно поліпшити посівні якості насіння: до 45,5-46,0 % енергії проростання та до 52,4-53,1 % лабораторної схожості насіння.

9. Обґрунтовано, що насіннева продуктивність проса прутоподібного знаходиться у тісній прямолінійній кореляції із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнтів кореляції $r > 0,71$. Маса насіння з волоті має щільний зв'язок з насінневою продуктивністю проса прутоподібного ($r 0,94$) та виходом схожого насіння ($r 0,96$) при $p < 0,05$. Посівні якості насіння мають середній або сильний зв'язок із врожайністю насіння за оптимізованої технології вирощування материнських рослин.

10. З-поміж сортів проса прутоподібного найбільш рентабельним виявилось виробництво насіння у сортів височинного еко типу: Зоряне (153,6 %) і Лядовське (135,6 %). У сортів низовинного еко типу рівень рентабельності виробництва насіння був значно нижчим та змінювався у

межах – від 62,5 до 102,5 % з найбільшим значенням у сорту Аламо. Встановлено, що сукупна енергія накопичена в насінні (0,33 ГДж/га) була більшою на 0,15 ГДж/га у височинних сортів проса прутіподібного порівняно з низовинними (0,18 ГДж/га). При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності був теж більшим на 0,77 пунктів з найбільшим значенням у сортів Зоряне і Лядівське.

11. Використання оптимізованої технології забезпечило в середньому зростання виручки до 69993,0 грн для потомства проса прутіподібного, а також збільшення рівня рентабельності до 274,3 %. Найвищу сукупну енергію, накопичену в насінні проса прутіподібного в середньому становить 131,30 ГДж/га для потомства, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,8. Зважаючи на вищенаведене, підтверджено доцільність та ефективність застосування оптимізованої агротехнології при вирощуванні насінників проса прутіподібного.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА НАСІННИЦТВА

Визначено ефективні способи підбору сортозразків та виокремлено елементи технології вирощування сортів проса прутоподібного для отримання високої врожайності якісного насіння в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України:

- як вихідний матеріал для селекції на продуктивність використовувати іноземні сортозразки: Cave-in-Rock, Carthage, Forestburg, що формують врожайність насіння від 719,0 до 735,0 кг/га;

- для закладки насінників використовувати височинні сорти проса прутоподібного, яким притаманна висока комплексна стійкість рослин до абіотичних чинників, висока врожайність та вихід схожого насіння: це сорти української селекції – Зоряне, Морозко та Лядовське (від 748,3 до 786,3 кг/га);

- для збільшення врожайності насіння проса прутоподібного (до 0,82 т/га) та поліпшення посівних якостей насіння (з високим виходом схожого насіння – на рівні, або більше 50,0 %) використовувати оптимізовану технологію вирощування, що поєднує: весняну сівбу культури, визначеною нормою висіву насіння з урахуванням маси 1000 насінин (для сорту ‘Зоряне’ – 5,7 кг/га, для сорту ‘Морозко’ – 7,9 кг/га), широкорядний спосіб сівби (міжряддя 60 см) та щорічне застосування весняного азотного підживлення рослин розрахунковою дозою азотних добрив (N₄₅) на фоні основного удобрення та (PK)₆₀.

- застосувати щорічне весняне позакореневе підживлення насінних рослин проса прутоподібного 60-ти % розчином препарату ‘Kristalon Special’, що дозволяє суттєво збільшити біометричні показники генеративної частини рослин, загальну врожайність (до 0,94 т/га) й вихід схожого насіння (до 67,8 %) та поліпшити посівні якості насіння: до 45,5–46,0 % енергії проростання та до 52,4–53,1 % лабораторної схожості насіння

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rytchenko A., Rozhko I., Kulyk M. Features of the use of energy crops in the conditions of Ukraine. *Modern aspects of science : XXV volume of the international collective monograph*. Czech Republic, 2022. P. 464–493.
2. Гументик М.Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2010. № 4. С. 21–22.
3. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Рожко І. І., Сиплива Н. О. Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько–цінних ознак в умовах центрального Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Том 15, Вип. № 4, 2019. С. 354–364.
4. Рожко І. І., Кулик М. І. Оцінка сортів проса прутоподібного за врожайністю біомаси. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. № 2. С. 75–84. doi: 10.31210/visnyk2022.02.08
5. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3(63). С. 4–12.
6. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Рожко І. І., Сиплива Н. О. Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько–цінних ознак в умовах центрального Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2019. Том 15, Вип. № 4. С. 354–364. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549>
7. Гументик М. Я. Вплив способу посіву та догляду за рослинами на продуктивність біомаси проса прутоподібного в умовах лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 14–21.
6. Кулик М. І., Сиплива Н. О. Рівень врожайності проса прутоподібного залежно від сорту та строку збирання. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал*. Вип. 107. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 93–100.

7. Mitchell, R., Vogel, K. P., & Uden, D. (2019). Switchgrass biofuel production and harvest management. *Renewable Energy*, 136, 1-12.
8. Casler, M. D., Vogel, K. P., Taliaferro, C. M., & Wynia, R. L. (2019). Switchgrass breeding, genetics, and genomics. *Plant Breeding Reviews*, 27, 141-174.
9. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Scurlock, J., & Huisman, W. (2017). Miscanthus and switchgrass for energy production. *Biomass & Bioenergy*, 15(1), 123-133.
10. Sanderson, M. A., Reed, R. L., & McLaughlin, S. B. (2018). Switchgrass establishment and management for biomass production. *Agronomy Journal*, 105(5), 1201-1209.
11. Zegada-Lizarazu, W., & Monti, A. (2020). Energy crops in Europe: Pathways and challenges towards sustainable bioenergy development. *Biofuels*, 11(2), 247-260.
12. Vogel, K. P., Mitchell, R. B., & Casler, M. D. (2018). Switchgrass breeding and management in the USA. *Bioenergy Research*, 5(2), 340-355.
13. Кулик М. І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. Вип. № 2. С. 30–35.
14. Barney, J. N., DiTomaso, J. M., & Boose, A. B. (2018). Biological control of switchgrass pests in North America. *Biological Control*, 76(3), 89-94.
15. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграс) для умов Лісостепу правобережного. *Монографія /* Калетнік Г. М., Мазур В. А., Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Вінниця: Видавництво ТОВ Друк, 2020. 212 с
16. Кулик М. І. Вплив умов вирощування та біометричних показників рослин проса прутоподібного на урожайність і вихід біопалива. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти: *колективна монографія /* Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП

«Астрыя», 2019. С. 385–392.

17. Schmer, M. R., Vogel, K. P., Mitchell, R. B., Perrin, R. K., & Eskridge, K. M. (2019). Switchgrass production and management for ethanol. *Agronomy Journal*, 101(2), 323-335.

18. Galytska Maryna, Kulyk Maksym, Rakhmetov Dzhamal, Kurylo Vasyly, Rozhko Ilona. (2021). Effect of cultivation method of *Panicum virgatum* L. and soil organic matter content on the biomass yield. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 108 (3) : 247–254. DOI: [10.13080/z-a.2021.108.032](https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.032)

19. Lewandowski, I., Scurlock, J. M., Lindvall, E., & Christou, M. (2020). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), 335–361.

20. Casler, M. D., Vogel, K. P., Taliaferro, C. M., & Wynia, R. L. (2019). Switchgrass breeding, genetics, and genomics. *Plant Breeding Reviews*, 27, 141–174.

21. Курило В. Л. Гументик М. Я., Каськів В. В. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння «свічграсу» проса лозовидного на польову схожість в умовах західної частини лісостепу України. *Наукові праці ІБКіЦБ НААН України*. Київ, 2013. №17, Т-II. С. 358–361.

22. Браніцький Ю. Ю. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного в умовах Лісостепу Правобережного. *Збірник наукових праць ВНАУ: Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 10. С.122-130.

23. Кулик М. І., Сиплива Н. О., Рожко І. І. Урожайність та ефективність виробництва біомаси енергетичних культур залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 104. С. 148–159.

24. Кулик М. І. Вплив ширини міжряддя на формування врожайності сортів проса прутоподібного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. Вип. 3(78). С. 62–65.

25. Duncan, R. S., Williams, L. A., & Ulloa, M. (2017). Optimizing row spacing and plant density for switchgrass biomass production in the Midwest USA. *Agronomy Journal*, 109(3), 824-831.

26. Elmore S.J., Lee D., Vogel K.P. Chloroplast DNA variations in *Panicum virgatum* L. *Proc. Am. Forage Grassland Council*. 1993. P. 216–219.

27. Дрига В. В., Доронін В. А., Щербиніна Н. П., Шкляр В. Д. Урожайність та якість насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сортових особливостей. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 15–22. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-15-22.

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

29. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Рожко І. І., Сиплива Н. О. Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько–цінних ознак в умовах центрального Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2019. Том 15, Вип. № 4. С. 354–364. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549>.

30. Гументик М. Я. Вплив способу посіву та догляду за рослинами на продуктивність біомаси проса прутоподібного в умовах Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 14–21.

31. Рожко І. І. Рівень формування і мінливість елементів насінневої продуктивності проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах центрального Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/5858/dysertaciya-rozhko.pdf>

32. Рожко І. І., Кулик М. І., Сиплива Н. О. Адаптивність та мінливість насінневої продуктивності сортозразків проса прутоподібного. *Аграрні*

інновації. 2021. Вип. 7. С. 84–91. DOI:
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.14>

33. Дрига В. В., Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Доронін В. В., Половинчук О. Ю., Зінченко О. А. Урожай та якість насіння проса прутоподібного залежно від формування його на ярусах рослини. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. Вип. 2. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285655>

34. Ритченко А. В., Кулик М. І. Особливості формування врожайних властивостей насіння сортів світчграсу. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of science»*, January 16–17, 2023, Prague, Czech Republic by the «InterSci». PP. 6–7.

35. Кулик М. І., Рожко, І. І., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутоподібного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4 (104). С. 51–60.

36. . Мандровська С. М., Балан В. М. Продуктивність проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від норми висіву та сортових особливостей. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 44-49. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2015_23_9.

37. Maroš Korenko, Volodymyr Bulgakov, Vasyl Kurylo, Maksym Kulyk, Alexander Kalinichanko, Yevhen Ihnatiev, Eva Matušeková (2021). Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 24 (1) : 41–47. DOI: <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>

38. Galytska Maryna, Kulyk Maksym, Rakhmetov Dzhamal, Kurylo Vasyl, Rozhko Ilona. (2021). Effect of cultivation method of *Panicum virgatum* L. and soil organic matter content on the biomass yield. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 108 (3) : 247–254. DOI: [10.13080/z-a.2021.108.032](https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.032)

39. Тараненко А. О., Кулик М. І., Тараненко С. В., Галицька М. А. Вплив способу вирощування проса прутоподібного на динаміку органічної речовини

у ґрунті та врожайність біомаси. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 135–149. doi: 10.31210/visnyk2020.03.15

40. Кулик М.І. Загальна характеристика, сортимент, ботаніко-біологічні та екологічні особливості енергетичних культур. Енергетичні культури : сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: *колективна монографія* / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: “Астрая”, 2023. С. 8–45.

41. Mitchell, R. B., Vogel, K. P., Sarath, G. (2019). Switchgrass breeding, genetics, and genomics. *BioEnergy Research*, 12, 367–379.

42. Vogel, K. P., Mitchell, R. B., Moore, K. J. (2021). Switchgrass cultivar selection and management for biofuel feedstocks in the Midwest USA. *Agronomy Journal*, 113(4), 223-230.

43. Lewandowski, I., Scurlock, J. M., Lindvall, E., Christou, M. (2020). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25, 335–361.

44. Fischer, G., Hizsnyik, E., Prieler, S., van Velthuisen, H. (2022). Assessment of the bioenergy potential of switchgrass in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1–11.

45. Li, Q., Zhang, F., Xu, C. (2020). Effect of sowing date and plant density on seed yield of switchgrass in semiarid regions of China. *Journal of Arid Land*, 12(2), 178–185.

46. Barney J. N., Mann J. R., Allen J. D. Variation in seed yield of switchgrass (*Panicum virgatum*) cultivars in response to different planting densities. *Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 9. P. 523–532.

47. Davis P. B., Johnson M. E., Clark R. Evaluation of switchgrass varieties for biomass and seed yield in Southeastern Canada. *BioEnergy Research*. 2021. Vol. 14, No. 2. PP. 265–276.

48. Wullschleger S. D., Davis J. P., Gartland K. M. Regional adaptation of switchgrass varieties for bioenergy production in temperate climates. *Plant and Soil*. 2019. Vol. 432, No. 1. P. 305–321.

49. Boe A., Ross T. Effects of planting date and row spacing on seed and biomass yield of switchgrass in Central Europe. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 165. P. 105–112.

50. Heaton E. A., Lyons E., Hancock S. L. Switchgrass cultivars adapted for seed production in tropical regions of South America. *Agronomy Journal*. 2023. Vol. 115, No. 3. P. 489–497.

51. Aldrich J., et al. Impact of Varietal Differences on Seed Yield of Switchgrass under Varying Climatic Conditions / J. Aldrich, S. A. T. Bauer, L. T. Nielsen. *Journal of Agricultural Research*, 2020. Vol. 89, Issue 3. P. 245–257.

52. Singh R., et al. Effect of Variety and Crop Management on the Seed Yield of Switchgrass in India / R. Singh, P. S. S. Sharma, A. S. Gupta. *Agronomy for Sustainable Development*, 2021. Vol. 41, Issue 1. P. 45–56.

53. Zhang Y., et al. Genetic Diversity and Seed Yield of Switchgrass: Implications for Breeding / Y. Zhang, Z. X. Li, S. H. Wu. *Field Crops Research*, 2022. Vol. 269. Article 108183.

54. Kumar S., Tiwari P. Agronomic Practices Influencing Seed Yield in Different Varieties of Switchgrass. *Plant Science Today*, 2023. Vol. 10, Issue 1. P. 78–85.

55. Mokhatarov N., et al. Seed Processing Techniques and Their Impact on Seed Yield of Switchgrass / N. Mokhatarov, T. R. Boe, M. N. Kadamba. *Journal of Seed Science*, 2024. Vol. 12, Issue 2. P. 134–142.

56. Khan A., et al. Influence of Varietal Differences on Seed Yield of *Pennisetum glaucum* in Different Agro-Climatic Conditions / A. Khan, M. R. Siddiqui, F. A. Khan. *Agricultural Sciences*, 2021. Vol. 12, Issue 4. P. 345–357.

57. Ghosh A., et al. Agronomic Practices Impacting the Seed Yield of Pearl Millet in Southern Asia / A. Ghosh, B. R. Soni, R. P. Patel. *International Journal of Agricultural Research*, 2022. Vol. 17, Issue 2. P. 89–102.

58. Adnan M., et al. Impact of Cultivation Methods and Varieties on the Seed Yield of *Pennisetum glaucum* under Changing Climate Conditions / M. Adnan, S.

Z. M. Shah, M. B. Khoso. *Climate Change and Agriculture*, 2023. Vol. 8, Issue 1. P. 27–35.

59. Okonkwo C., et al. Preceding Crops Influence on Seed Yield of Pearl Millet Varieties / C. Okonkwo, O. A. Olayide, P. S. Okon. *Journal of Crop Improvement*, 2024. Vol. 39, Issue 3. P. 142–156.

60. Martinez R., et al. Genetic Factors Affecting Seed Yield in Pearl Millet Varieties / R. Martinez, A. M. Pérez, R. C. García. *Plant Breeding Journal*, 2024. Vol. 15, Issue 1. P. 51–63.

61. Babu, S., et al. Impact of varietal differences on seed yield of pearl millet in Southern India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, vol. 92, no. 4, pp. 421–428.

62. Sah, J. P., et al. Hybridization effects on seed yield of *Pennisetum glaucum*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 2023, vol. 26, no. 1, pp. 15–24.

63. Moges, G., et al. Effects of agronomic practices on seed yield of pearl millet. *Agricultural Water Management*, 2023, vol. 260, p. 107426.

64. Kaur, M., et al. Sowing dates and their impact on seed yield of pearl millet varieties. *Agronomy Journal*, 2024, vol. 116, no. 2, pp. 539–546.

65. Das, A., et al. Genetic and agronomic factors influencing seed yield in pearl millet. *Field Crops Research*, 2024, vol. 290, p. 108781.

66. Patel A., Singh K., Kumar R., Sharma D. Impact of agronomic practices on seed yield of pearl millet varieties. *Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. 10, No. 5. P. 285–293.

67. Singh R., Sharma P., Meena H., Verma S. Influence of varietal diversity on seed yield of pearl millet in different climatic zones. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2023. Vol. 28, No. 2. P. 109–116.

68. Mishra P., Gupta A., Yadav R. Comparative analysis of varieties of pearl millet and their seed yield potential. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 290. P. 108782.

69. Choudhury A., Singh N., Patel R., Das B. Role of micronutrients in enhancing seed yield of pearl millet. *Agronomy Journal*. 2024. Vol. 116, No. 3. P. 670–678.

70. Nair S., Kumar V., Sharma P., Menon R. Effects of climatic conditions on seed yield of pearl millet varieties. *Climatic Change and Agriculture*. 2024. Vol. 45, No. 1. P. 15–22.

71. Тараненко А. О., Кулик М. І., Попов С. І. Агроекологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур. Екологічні інновації у підвищенні економічної та продовольчої безпеки України: *колективна монографія*; за ред. Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава: Видавництво ПП «Астроя», 2020. С. 177–184.

72. Рожко І. І., Кулик М. І. Урожайність насіння проса прутоподібного залежно від елементів сортової технології вирощування. *Зрошувальне землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2021. Вип. 75. С. 81–88. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.16>

73. Кулик М. І., Рожко І. І., Білявська Л. Г. Мінливість елементів продуктивності та врожайність насіння проса прутоподібного залежно від сорту. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. № 125. С. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.9>

74. Дековець В. О., Кулик М. І. Вплив удосконалення елементів технології вирощування на врожайність надземної вегетативної маси міскантусу гігантського. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.6>

75. Мельничук В. П., Грищенко О. Г., Левченко С. В. Застосування засобів захисту рослин у вирощуванні проса. *Агроекологія*. 2019. Вип. 12(2). С. 75–82.

76. Fritz, J., & Miller, K. (2020). Impact of variety selection on the biomass yield of switchgrass. *Journal of Sustainable Agriculture*, 44(2), 123–134.

77. Johnson, R., & Roberts, L. (2021). Seeding rates and their impact on switchgrass productivity. *Agronomy Research*, 19(3), 200–210.

78. Miller, T., & Smith, A. (2022). Nutrient management strategies for maximizing switchgrass yield. *Crop Science Journal*, 62(1), 67–78.

79. Williams, J., & White, P. (2023). Soil management techniques for enhancing switchgrass performance. *Soil Science Society of America Journal*, 87(5), 341–350.

80. Jones, A., Smith, B., & Lee, C. (2020). Climate conditions and their impact on switchgrass yield. *Environmental Science and Technology*, 54(5), 300–310.

81. Taylor, D., & Brown, E. (2021). Soil management strategies for improved switchgrass production. *Agricultural Science Research*, 18(3), 140–150.

82. Martinez, F., & Gonzalez, R. (2022). The role of biostimulants in enhancing switchgrass yield. *Plant Growth Regulation*, 97(2), 67–78.

83. Greenwood, R., & Hunt, J. (2023). The effect of sowing density on switchgrass seed yield. *Field Crops Research*, 174, 45–55

84. Maroš Korenko, Volodymyr Bulgakov, Vasyl Kurylo, Maksym Kulyk, Alexander Kalinichanko, Yevhen Ihnatiev, Eva Matušeková (2021). Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 24 (1) : 41–47. DOI: <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>

85. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Вплив екотипічних властивостей сортів на врожайність насіння проса прутоподібного. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія»*. 2023. Том 53 (3). С. 70–78.

86. Davis, J., Green, R., & Anderson, P. (2019). The Effects of Temperature and Moisture on Seed Quality of Switchgrass. *Journal of Agronomy*, 45(3), 123–130.

87. Smith, T., Lee, H., & Brown, A. (2020). Impact of Mulching and Crop Rotation on Seed Quality in Switchgrass Production. *Field Crop Research*, 254, 106–114.

88. Johnson, M., Williams, K., & White, L. (2021). Organic vs. Chemical Fertilizers: Effects on Seed Quality in *Panicum virgatum*. *Agricultural Sciences*, 12(2), 75–82.
89. Anderson, P., Williams, T., & Johnson, L. (2020). Climate Change Impacts on Seed Quality in Switchgrass. *Agricultural Systems*, 178, 102748.
90. Clark, R., Smith, J., & Adams, K. (2021). Soil Tillage Practices and Their Effects on Switchgrass Seed Quality. *Soil & Tillage Research*, 205, 104738.
91. Taylor, M., Lee, H., & Brown, A. (2022). Micronutrient Application in Switchgrass Production: Effects on Seed Quality. *Field Crop Research*, 259, 107924.
92. Rogers, J., Smith, L., & Green, T. (2021). Climate Impacts on Seed Quality in Switchgrass Production. *Environmental Management*, 67(5), 890–903.
93. Miller, D., Jones, R., & White, F. (2020). Organic Amendments and Their Effects on Switchgrass Seed Quality. *Agronomy Journal*, 112(3), 2134–2145.
94. Peterson, A., Thompson, K., & Lee, C. (2022). Genetic Diversity in Switchgrass and Its Impact on Seed Quality. *Crop Science*, 62(4), 1210–1220.
95. Johnson, R., Lee, A., & Green, T. (2022). Soil Conditions Affecting Seed Quality of Switchgrass. *Agricultural Sciences*, 11(4), 415–425.
96. Davis, K., Thompson, J., & White, L. (2021). Irrigation Practices and Their Impact on Seed Quality in Switchgrass. *Journal of Crop Improvement*, 35(3), 322–330.
97. Martinez, A., Rodriguez, M., & Clark, J. (2023). Stress Conditions and Their Effects on Switchgrass Seed Quality. *Field Crops Research*, 267, 108–118.
98. Patton, B. J., Smith, A. J., & Roberts, J. K. (2021). Genetic Factors Influencing Seed Quality in Switchgrass. *Crop Science*, 61(5), 1220–1230.
99. Meyer, D. W., Jones, L. R., & White, E. A. (2020). Agronomic Conditions Affecting Switchgrass Seed Quality. *Field Crops Research*, 253, 107–115.
100. Sullivan, R. J., Hays, A. R., & Davis, T. M. (2022). Seed Treatment Technologies to Enhance Quality in Switchgrass. *Journal of Agricultural Science*, 14(3), 310–318.

101. Guo, Z., Zhang, T., & Li, Y. (2020). Soil Conditions Affecting Seed Quality in Switchgrass. *Soil Science Society of America Journal*, 84(2), 378–387.
102. Lin, H., Yang, X., & Chen, J. (2021). The Influence of Weather Conditions on Seed Quality of Switchgrass. *Agricultural and Forest Meteorology*, 305, 108–115.
103. Kumar, A., Gupta, P., & Singh, R. (2022). Impact of Cultivation Technology on Seed Quality of *Panicum virgatum*. *Field Crops Research*, 268, 108–116.
104. Vogel, K. P., Johnson, B. L., & McLaughlin, S. B. (2019). Genetic Diversity and Seed Quality in Switchgrass. *Crop Science*, 59(3), 1025–1034.
105. Friedman, D., Shaviv, A., & Bader, M. (2020). Improving Seed Quality in Switchgrass through Agronomic Practices. *Agronomy Journal*, 112(6), 3105–3116.
106. Jiang, Y., Li, & Chen, R. (2021). Microclimate Effects on Seed Quality of *Panicum virgatum*. *Environmental and Experimental Botany*, 186, 104395.
107. Kumar, P., Patel, J., & Singh, R. (2022). Seed Treatments and Their Effects on Seed Quality in Switchgrass. *Seed Science Research*, 32(2), 89–97.
108. Smith, A. B., Johnson, T., & Williams, R. (2023). The Role of Soil Quality in Switchgrass Seed Production. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 328, 107771.
109. Liu, H., Zhang, Y., & Zhao, M. (2021). Climate Change and Its Impact on Seed Quality of *Panicum virgatum*. *Global Change Biology*, 27(12), 2898–2912.
110. Кулик М. І., Ритченко А. В. Енергетичні культури: перспективи виробництва біомаси. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Полтава, 30 верес. 2022 р.). Полтава : ПДАУ, 2022. С. 96–98.
111. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграс) для умов Лісостепу правобережного. *Монографія /*

Калетнік Г. М., Мазур В. А., Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Вінниця: Видавництво ТОВ Друк, 2020. 212 с.

112. Філіпась Л. П., Горобець А. М., Мандровська С. М. Продуктивність різних сортів світчграсу. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 359–361.

113. Мандровська С. М. Продуктивність агрофітоценозів проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) за довготривалого використання. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. (29). С. 168–176. <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.244460>

114. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk_Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum* L. and *Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1) : 199764
DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/199764>

115. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування врожайності світчграсу залежно від умов вирощування. *Другі Сазановські читання : Іван Овсінський і його «Нова система землеробства». Матеріали круглого столу присвяченого піонеру агродослідництва Івану Євгеновичу Овсінському*, м. Полтава, 27 жовтня 2021 р. Полтава : Астроя, 2022. С. 53–55.

116. Дрига В. В., Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Доронін В. В., Бойко А. І. Насіннева продуктивність проса прутіподібного залежно від сортових особливостей. *Збірник наукових праць ІБКіЦБ*. 2023. Вип. 31. С. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292395>

117. Volodymyr Doronin, Valentyn Polishchuk, Victoriya Dryga, Julia Kravchenko, Viktor Sinchenko, Olesya Zinchenko, Lesia Karpuk, Mykolaiko Valeriy Technology of Preparation of Seeds of Rod-Shaped Millet (*Panicum virgatum* L.). *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. Association of Cell Biology Romania. Wageningen University & Research. Romania. 2021. Vol. 25. Issue 4. Pages. 10656–10664.

118. Studfile. Інтернет-джерело. Режим доступу:
<https://studfile.net/preview/5063376/page:2/>
119. Папіш Ігор. Чорноземи на лесових породах Західноукраїнського краю : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 326 с.
120. Кулик М. І., Курило В. Л. Енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник. Полтава: РВВ ПДАА, 2017. 74 с.
121. Гриб М. І. Агрокліматичні ресурси Полтавщини: Стан та шляхи використання. *Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту*. 1999. № 4. С. 59–95.
122. Метеопост: Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Інтернет-джерело. Режим доступу:
<https://meteopost.com/weather/climate/>
123. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області. Інтернет-Ресурс. Режим доступу:
<https://eco.gov.ua/>
124. Кулик М. І. Ботаніко-біологічна характеристика, особливості вирощування та використання енергетичних культур. Частина перша: світчграс (просо лозоподібне) : довідник. Полтава, 2014. 130 с.
125. Рожко І. І., Кулик М. І. Науково-практичні рекомендації: вирощування проса прутоподібного на насіння в умовах центрального Лісостепу. Полтава, 2019. 34 с.
126. Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гончаренко С. М. Методика проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. К. 2014. С. 637–651.
127. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутоподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
128. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Горобець А. М., Каськів В. В., Мандровська С. М., Максименко

О. В. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного. ІБКіЦБ НААН. К. 2012. 28 с.

129. Kulyk M., Elbersen W. Methods of calculation productivity phytomass of switchgrass in Ukraine. Poltava. 2012. 10 p.

130. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В., Доронін В. В., Мандровська С. М., Гончарук Г. С. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (світчґрасу) *Panicum virgatum* L. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2015. 10 с.

131. Ушкаренко В. А., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві і рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

132. Статистичний аналіз агрономічних досліджень даних в пакеті Statistica 6.0: методичні вказівки / уклад.: Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко. Полтава: Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.

133. Кулик М. І. Методичні рекомендації по технології вирощування енергетичних культур (світчґрасу) в умовах України відповідно до стандарту NTA8080 / М. І. Кулик, П. В. Писаренко, Е. Wolter. Полтава, 2013. 40 с.

134. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

135. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 341 с.

136. Курило В. Л. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту і сівби проса лозовидного / В.Л. Курило, М.Я. Гументик, Г.С. Гончарук [та ін.]. К.: Інститут біоенергетичних культур і біопалива НААН, 2012. 26 с.

137. Курило В. Л., Доронін В. А., Кулик М. І. Методика визначення посівних якостей насіннєвого матеріалу та заходи допосівної підготовки

насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). Полтава : Астроя, 2020. 30 с.

138. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур: загальна частина. К., 2000. 100 с.

139. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002 (Чинний від 2004-01-01). К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

140. Визначення якості насіння проса прутоподібного (світчграсу) *Panicum virgatum* L. : методичні рекомендації / М. В. Роїк, В. А. Доронін, Ю. А. Кравченко, В. В. Дрига, В. В. Доронін, Г. С. Гончарук. К. : ІБКіЦБ, 2020. 10 с.

141. Курило В. Л., Кулик М. І., Рожко І. І. Методичні рекомендації: допосівної підготовки насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). Полтава, 2019. 28 с.

142. Каленська С. М., Новицька Н. В., Жемойда В. Л. та ін.. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур. / За ред. С. М. Каленської. Навчальний посібник. Вінниця, ФОП Данилюк, 2011. 322 с.

143. 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.

144. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica – 6 : Методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

145. Калінченко О. В., Кулик М. І. Науковий твір «Експрес-аналіз економічної ефективності вирощування енергетичних культур в умовах Лісостепу України» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 93178 від 18.10.2019).

146. Калінченко О. В., Кулик М. І. Науковий твір «Методичні засади оцінки енергетичної ефективності вирощування енергетичних культур в

умовах Лісостепу України» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 93177 від 18.10.2019).

147. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському господарстві. К. Урожай. 1998. 205 с.

148. Реєстр сортів рослин України. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy> (дата звернення 18.12.2024 р.)

149. Rakhmetova S. O., Vergun O. M., Kulyk M. I., Blume R. Y., Bondarchuk O. P., Rakhmetov D. B. (2020). Efficiency of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Cultivation in the Ukrainian Forest-Steppe Zone and Development of Its New Lines. *The Open Agriculture Journal*. Volume: 14 : 273–289. DOI: [10.2174/1874331502014010273](https://doi.org/10.2174/1874331502014010273)

150. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Інтернет ресурс. Режим доступу: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya>

151. Вольвач О. В., Жигайло О. Л., Колосовська В. В., Ярмолінський О. Ю. Агрокліматична оцінка перспектив вирощування світчграсу (*Panicum Virgatum*) в лісостепових областях за умов зміни клімату. Екологічні науки. 2022. № 3(42). С. 123–130. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.20>

152. Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 31 (1). С. 55–62. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.10>

153. Michael D. Casler, Sergio Sosa, Lindsey Hoffman at all. (2017). Biomass Yield of Switchgrass Cultivars under High- versus Low-Input Conditions. *Crop Science*. 57(2), 821–832. DOI: [10.2135/cropsci2016.08.0698](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.08.0698)

154. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Вплив екотипічних властивостей сортів на врожайність насіння проса прутоподібного. *Вісник*

Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія. 2023. Вип. 53(3). С. 70–78. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.10>

155. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підвищення врожайних властивостей насіння проса прутіподібного залежно від умов вирощування. *Development of Education, Science and Business: Results 2022: Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference*, December 22-23, 2022. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 30–31.

156. Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 31 (1). С. 55–62. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.10>

157. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Потенціал адаптивності та продуктивності сортів проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.). *Матеріали XI міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів: Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*. с. Центральне, 21 квітня 2023. С. 109.

158. Рожко І. І., Ритченко А. В. Вивчення сортових ресурсів проса прутіподібного як вихідного матеріалу для селекції. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики* / Редкол.: М. М. Маренич (відп. ред.) та ін. (15 травня 2023 р.). Полтава: ПДАУ, 2023. С. 109–111.

159. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підбір сортів проса прутіподібного (світчграсу) для отримання якісного насіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції* (11–13 жовтня 2023 р.). Умань, 2023. С. 148–150.

160. Viktoriia V. Dryha, Volodymyr A. Doronin, Viktor M. Sinchenko, Yuliia A. Kravchenko, Anatolii F. Borivskyi, Valerii P. Mykolaiko, Nataliia S. Zatserkovna, Lesia M. Karpuk (2021). Seed Productivity Of Millet Cultivars –Switch-Grass (*Panicum Virgatum* L.) Depending On Their Origin. *Nat. Volatiles*

& *Essent. Oils*, 8 (5), 8551–8562. URL: <https://www.nveo.org/index.php/journal/article/view/2251>

161. Кулик М. І., Рожко І. І. Інтродуковані та зареєстровані сорти проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) як вихідний матеріал для селекції за продуктивністю біомаси. *Plant Varieties Studying and protection*, 2022, Т. 18, Вип. № 2. С. 136–147. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-16>

162. Кулик М. І., Білявська Л. Г., Рожко І. І., Ритченко А. В. Урожайні властивості насіння сортів проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 16. С.117–125. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.18>

163. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Врожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування материнських рослин. *Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції / ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»*; укладачі: Мацай Н. Ю., та ін. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2022. С. 126–130.

164. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності проса прутоподібного. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*. 14–15 травня 2024 р. м. Полтава, 2024. С. 64–66.

165. Ритченко А. В., Кулик М. І. Урожайність та якість насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Сучасні технології агропромислового виробництва: матеріали III Міжн. науково-практичної конференції (14-15 листопада 2024)*. Кропивницький: ЦНТУ. 2024 С. 30–31.

166. Ритченко А. В., Кулик М. І. Вплив підживлення посівів на насінневу продуктивність проса прутоподібного. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу Полтавського державного аграрного університету за підсумками науковопрактичних досліджень в 2023 році (м. Полтава, 14–15 травня 2024 року)*. Полтава: РВВ ПДАУ, 2024. С. 91–94.

167. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Насіннева врожайність проса прутоподібного залежно від підживлення насінневих посівів. *Інтеграція знань та інновацій у розвитку науки, освіти і суспільства: мультидисциплінарний підхід до вирішення сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Рівне, 29 березня 2025 р.): у 2 ч. Рівне: ЦФЕНД, 2025. Ч. 2. С. 28–31.

168. Кулик М.І., Рожко І.І., Ритченко А.В., Падалка В.В., Іванов О.М. Спосіб вирощування насінневого матеріалу проса прутоподібного: патент на корисну модель власник Полтавський державний аграрний університет: №UA160934, МПК (2025.01), А01Н 4/00. 22.10.2025, Бюл. № 43.

169. Калініченко О. В., Кулик М. І., Лесюк В. С. Біоекономічна оцінка ефективності виробництва біомаси енергетичних культур в Україні. *Зелена трансформація та стала біоекономіка: моногр.*; за наук. ред. А. А. Олешко, О. Ю. Будякової. Київ: КНУТД, 2024. С. 455–479.

170. Kalinichenko, O., Kulyk, M., & Lesiuk, V. (2024). Economic and energy efficiency of resource-saving technology for switchgrass cultivation. *Agricultural and Resource Economics*, 10(2), 31–51. <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.02>.

171. Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насінневих посівів проса прутоподібного. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 5–13. [doi:10.31210/spi2024.27.02.5](https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.5)

172. Ритченко А. В., Калініченко О. В., Кулик М. І. Ефективність та логістика виробництва насіння проса прутоподібного залежно від елементів агротехнології. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339554>

173. Кулик М. І., Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Падалка В. В., Калініченко О. В., Ритченко А. В., Іванов О. М. Спосіб збільшення врожайності схожого насіння проса прутоподібного: патент на корисну модель, власник Полтавський державний аграрний університет: №UA161414, МПК (2025.01), А01G 22/00. 3.12.2025, Бюл. № 49.

ДОДАТКИ

Додаток А. Статистичний обрахунок кількісних показників рослин досліджуваних сортів проса прутіподібного залежно від екотипу

Додаток Б. Статистичний обрахунок даних врожайності насіння залежно від оптимізації технології вирощування насінних посівів проса прутіподібного

Додаток В. Статистичний обрахунок даних врожайності насіння проса прутіподібного залежно від позакореного підживлення насінних посівів

Додаток Д. Акт впровадження результатів досліджень у виробництво. Довідки впровадження результатів досліджень селекційно-насінницький та освітній процес. Патенти на корисні моделі.

Статистичний обрахунок кількісних показників рослин досліджуваних сортів проса прутоподібного залежно від екотипу

Маса насіння з волоті проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Екотип	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Височинний	1р	0,029	0,030	0,031	0,030	0,030
	2р	0,051	0,049	0,050	0,050	0,050
	3р	0,059	0,060	0,059	0,061	0,060
Некотип	1р	0,020	0,020	0,019	0,020	0,020
	2р	0,041	0,040	0,040	0,040	0,040
	3р	0,050	0,048	0,051	0,051	0,050

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	0,041583	1	0,041583	52526,37	0,000000
"Var1"	0,000590	1	0,000590	745,32	0,000000
"Var2"	0,003747	2	0,001874	2366,53	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,000000	2	0,000000	0,21	0,812124
Error	0,000014	18	0,000001		

НІР₀₅ (фактор А) 0,03

НІР₀₅ (фактор Б) 0,005

НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,001

Маса насіння з рослини проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Екотип	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Височинний	1р	0,131	0,132	0,132	0,133	0,132
	2р	0,188	0,187	0,186	0,187	0,187
	3р	0,296	0,297	0,297	0,297	0,297
Некотип	1р	0,113	0,112	0,112	0,112	0,112
	2р	0,151	0,150	0,151	0,151	0,151
	3р	0,193	0,192	0,191	0,193	0,192

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	0,764694	1	0,764694	1529388	0,00
"Var1"	0,017174	1	0,017174	34347	0,00
"Var2"	0,061014	2	0,030507	61014	0,00
"Var1"*"Var2"	0,008075	2	0,004038	8075	0,00
Error	0,000009	18	0,000000		

НІР₀₅ (фактор А) 0,04

НІР₀₅ (фактор Б) 0,036

НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,0010

Урожайність насіння (кг/га) проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Екотип	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Височинний	1р	454,0	455,0	454,0	454,0	454,0
	2р	584,0	585,0	586,0	585,0	585,0
	3р	808,0	805,0	806,0	805,0	806,0
Некотип	1р	284,0	285,0	286,0	284,0	285,0
	2р	396,0	395,0	396,0	396,0	395,0
	3р	688,0	688,0	688,0	689,0	688,0

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	6886531	1	6886531	9535196	0,00
"Var1"	151368	1	151368	209587	0,00
"Var2"	595019	2	297509	411936	0,00
"Var1"*"Var2"	5454	2	2727	3776	0,00
Error	13	18	1		

НІР₀₅ (фактор А) 24,2НІР₀₅ (фактор Б) 89,60НІР₀₅ (фактор А і Б) 1,26

**Графічне зображення статистичного розподілу числових даних
урожайності насіння проса прутюподібного, 2021-2023 рр.**

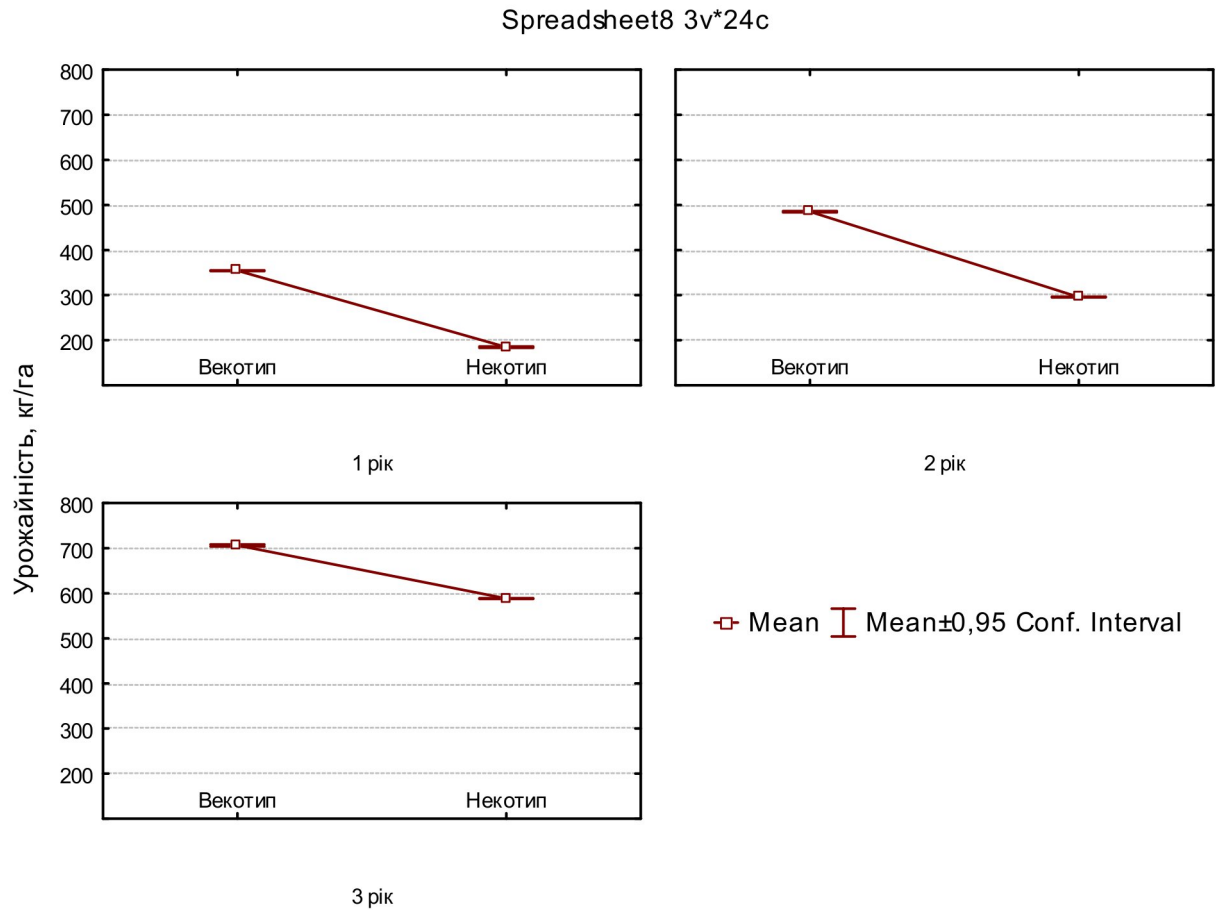


Рис. А 1. Коробковий графік залежностей урожайності насіння від року та екотипу проса прутюподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку А

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

$$\text{Урожай} = -2601,625 - 158,8333 * x + 188,8125 * y$$

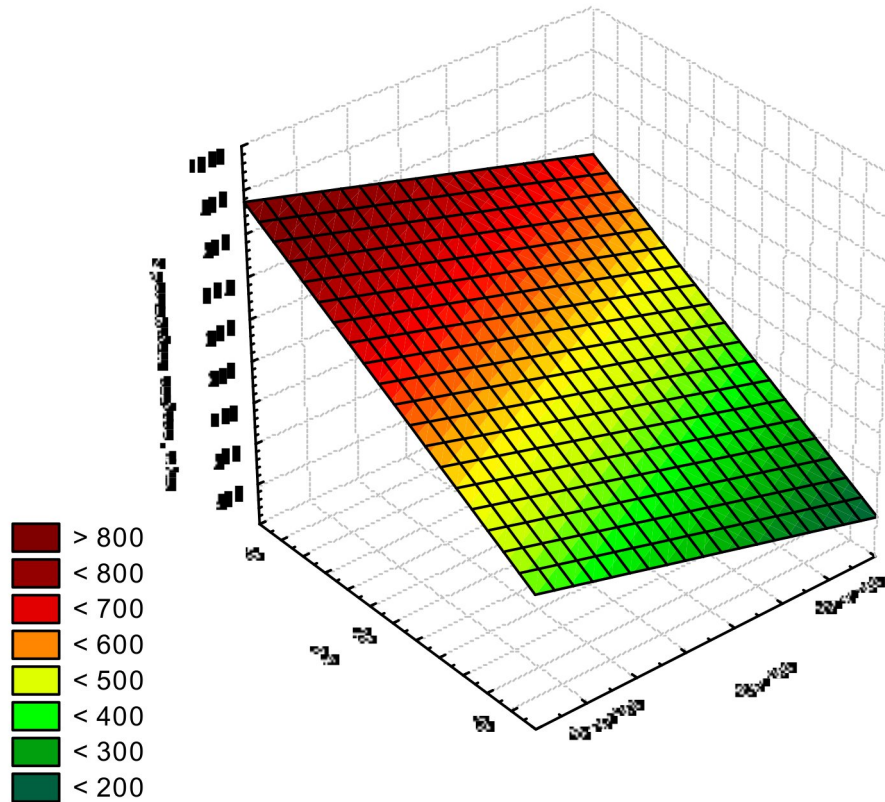


Рис. А.2. Поверхня відгуку урожайності насіння залежно від року та екотипу проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку А

Урожайність насіння (т/га)проса пругоподібного, 2021-2023 рр.

Екотип	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Височинний	1р	0,45	0,44	0,46	0,45	0,45
	2р	0,58	0,59	0,59	0,58	0,59
	3р	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Некотип	1р	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29
	2р	0,40	0,41	0,40	0,40	0,40
	3р	0,68	0,69	0,70	0,69	0,69

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	6,966037	1	6,966037	185761,0	0,000000
"Var1"	0,139538	1	0,139538	3721,0	0,000000
"Var2"	0,594325	2	0,297163	7924,3	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,003925	2	0,001962	52,3	0,000000
Error	0,000675	18	0,000037		

НІР₀₅ (фактор А) 0,139НІР₀₅ (фактор Б) 0,086НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,009

Графічне зображення статистичного розподілу числових даних урожайності насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

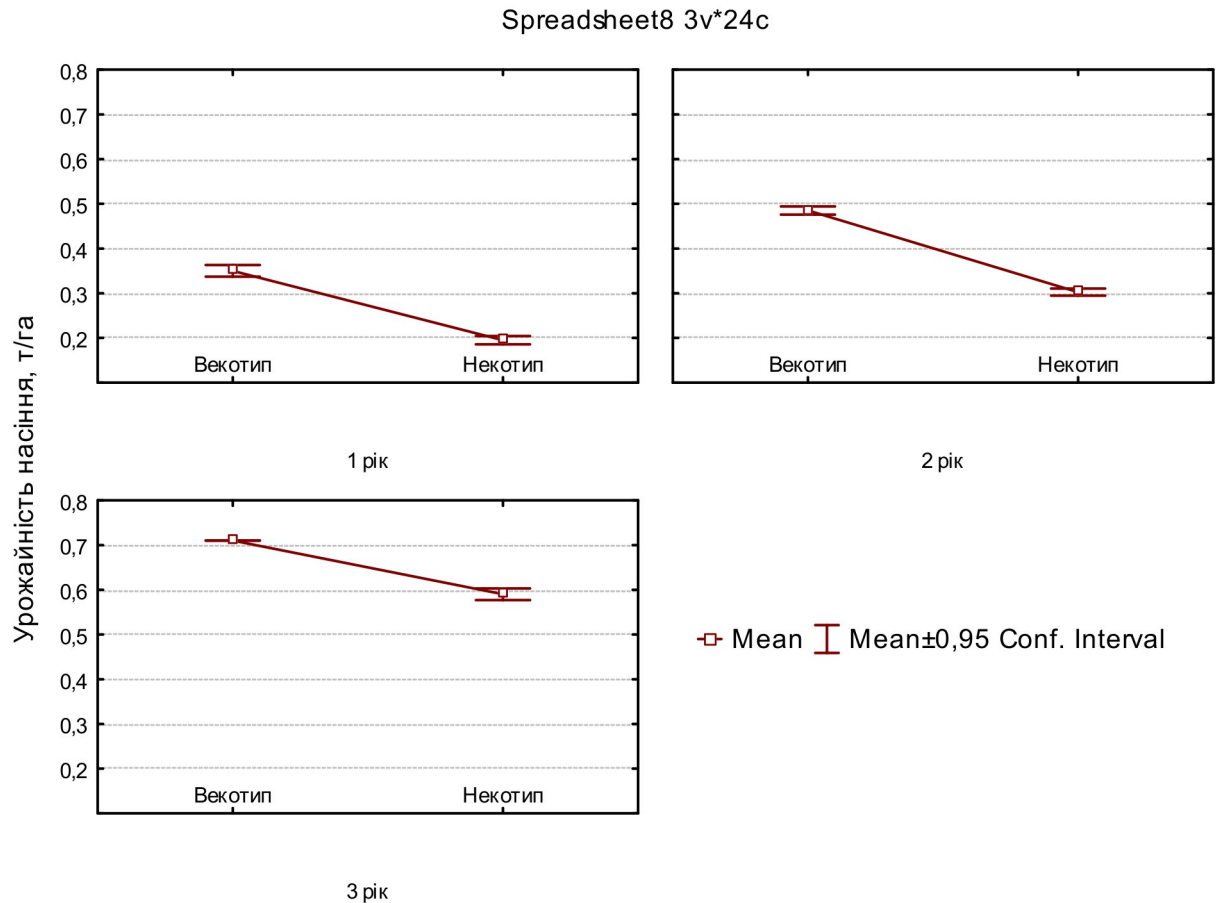


Рис. А 3. Коробковий графік залежностей урожайності насіння від року та екотипу проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку А

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

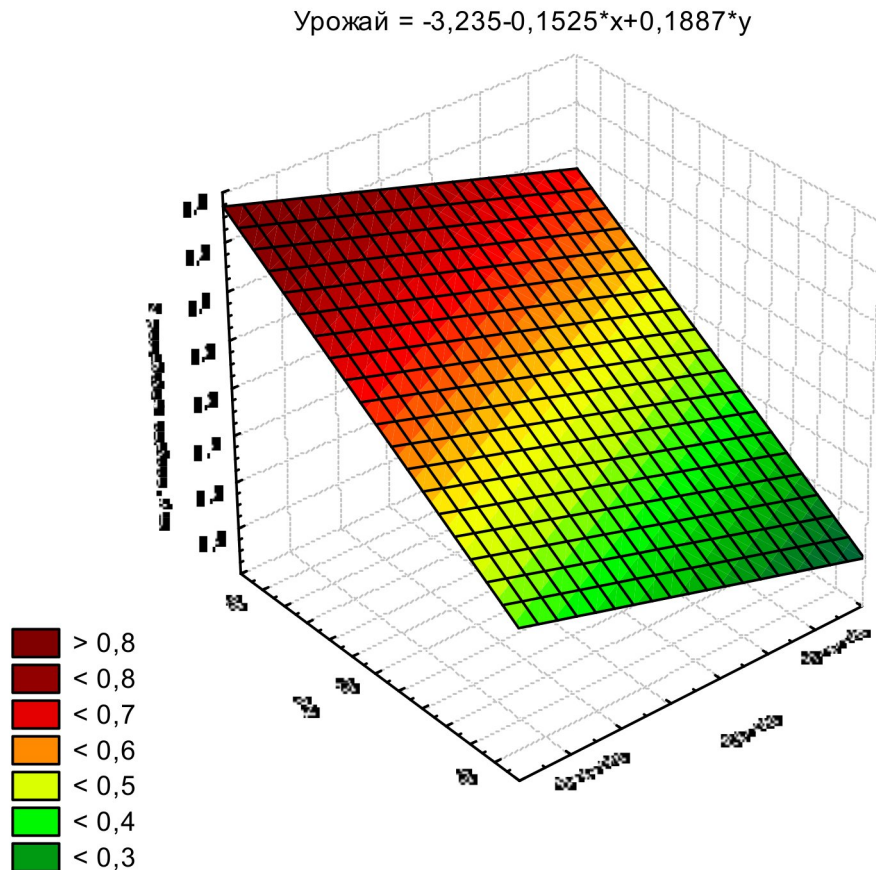


Рис. А.4. Поверхня відгуку урожайності насіння залежно від року та екотипу проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

Додаток Б

**Статистичний обрахунок даних врожайності насіння залежно від
оптимізації технології вирощування насінних посівів проса
прутоподібного**

**Урожайність насіння проса пруроподібного потомства сорту Зоряне,
2021-2023 рр.**

Технологія вирощування	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Звичайна	1р	0,71	0,71	0,70	0,71	0,71
	2р	0,82	0,83	0,82	0,83	0,83
	3р	0,85	0,85	0,85	0,84	0,85
Оптимізована	1р	0,76	0,75	0,74	0,75	0,75
	2р	0,89	0,89	0,90	0,88	0,89
	3р	0,92	0,93	0,92	0,91	0,92

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	16,26907	1	16,26907	344521,4	0,000000
"Var1"	0,02160	1	0,02160	457,4	0,000000
"Var2"	0,11011	2	0,05505	1165,9	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,00097	2	0,00049	10,3	0,001031
Error	0,00085	18	0,00005		

H_{P05} (фактор А) 0,06

H_{P05} (фактор Б) 0,03

H_{P05} (фактор А і Б) 0,01

**Урожайність насіння проса прутюподібного потомства сорту Кейв-ін-рок,
2021-2023 рр.**

Технологія вирощування	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Звичайна	1р	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51
	2р	0,65	0,65	0,66	0,65	0,65
	3р	0,69	0,70	0,70	0,71	0,70
Оптимізована	1р	0,61	0,62	0,62	0,61	0,62
	2р	0,74	0,74	0,74	0,73	0,74
	3р	0,86	0,85	0,85	0,86	0,86

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	11,02970	1	11,02970	317655,5	0,000000
"Var1"	0,08050	1	0,08050	2318,5	0,000000
"Var2"	0,19056	2	0,09528	2744,0	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,00511	2	0,00255	73,6	0,000000
Error	0,00062	18	0,00003		

НІР₀₅ (фактор А) 0,08

НІР₀₅ (фактор Б) 0,07

НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,01

Продовження Додатку Б

Урожайність насіння проса прутоподібного потомства сорту Морозко,
2021-2023 рр.

Технологія вирощування	Рік	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Звичайна	1р	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34
	2р	0,43	0,42	0,44	0,42	0,42
	3р	0,47	0,47	0,46	0,47	0,47
Оптимізована	1р	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41
	2р	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51
	3р	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	4,941338	1	4,941338	131769,0	0,000000
"Var1"	0,045937	1	0,045937	1225,0	0,000000
"Var2"	0,093775	2	0,046888	1250,3	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,001575	2	0,000787	21,0	0,000020
Error	0,000675	18	0,000038		

НІР₀₅ (фактор А) 0,06НІР₀₅ (фактор Б) 0,05НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,01

Продовження Додатку Б

Урожайність насіння проса прутоподібного потомства за сортами,
2021-2023 рр.

Сорти	Технологія вирощування	Рік	Потопрення				Середнє
			1	2	3	4	
Зоряне	ЗТВ	1р	0,71	0,71	0,70	0,71	0,71
		2р	0,82	0,83	0,82	0,83	0,83
		3р	0,85	0,85	0,85	0,84	0,85
	ОТВ	1р	0,76	0,75	0,74	0,75	0,75
		2р	0,89	0,89	0,90	0,88	0,89
		3р	0,92	0,93	0,92	0,91	0,92
Кейв-ін-рок	ЗТВ	1р	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51
		2р	0,65	0,65	0,66	0,65	0,65
		3р	0,69	0,70	0,70	0,71	0,70
	ОТВ	1р	0,61	0,62	0,62	0,61	0,62
		2р	0,74	0,74	0,74	0,73	0,74
		3р	0,86	0,85	0,85	0,86	0,86
Морозко	ЗТВ	1р	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34
		2р	0,43	0,42	0,44	0,42	0,42
		3р	0,47	0,47	0,46	0,47	0,47
	ОТВ	1р	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41
		2р	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51
		3р	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var4 (Spreadsheet18) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	30,57620	1	30,57620	767960,4	0,000000
"Var1"	1,66391	2	0,83195	20895,6	0,000000
"Var2"	0,13869	1	0,13869	3483,3	0,000000
"Var3"	0,38091	2	0,19045	4783,5	0,000000
"Var1"*"Var2"	0,00935	2	0,00468	117,5	0,000000
"Var1"*"Var3"	0,01353	4	0,00338	85,0	0,000000
"Var2"*"Var3"	0,00552	2	0,00276	69,3	0,000000
"Var1"*"Var2"*"Var3"	0,00214	4	0,00053	13,4	0,000000
Error	0,00215	54	0,00004		

НІР₀₅ (фактор А) 0,05НІР₀₅ (фактор Б) 0,04НІР₀₅ (фактор В) 0,09НІР₀₅ (фактор А і Б) 0,06НІР₀₅ (фактор А і В) 0,05НІР₀₅ (фактор Б і В) 0,13НІР₀₅ (фактор А, Б і В) 0,01

Графічне зображення статистичного розподілу числових даних урожайності насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

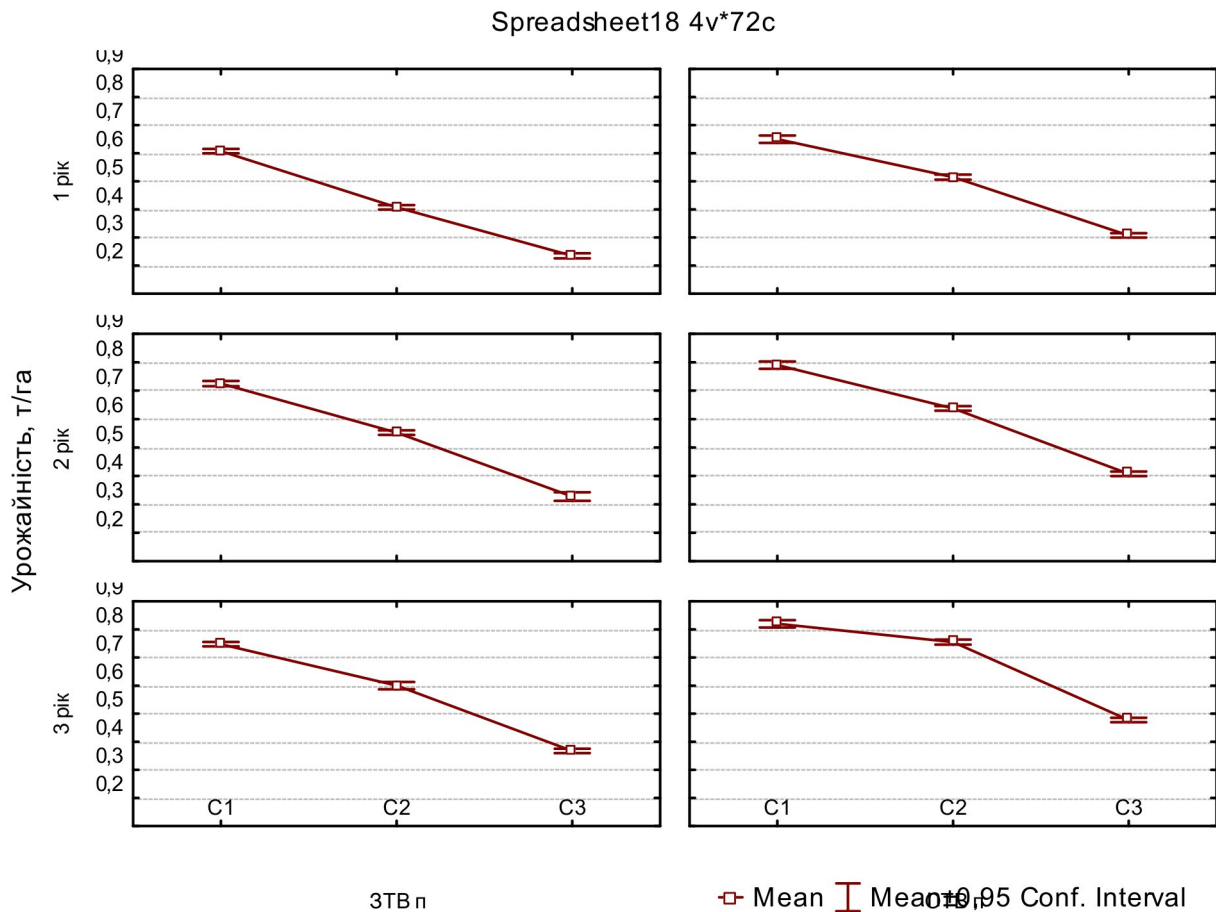


Рис. Б.1. Коробковий графік залежностей урожайності потомства насіння залежно від року, сорту та технології вирощування проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку Б

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

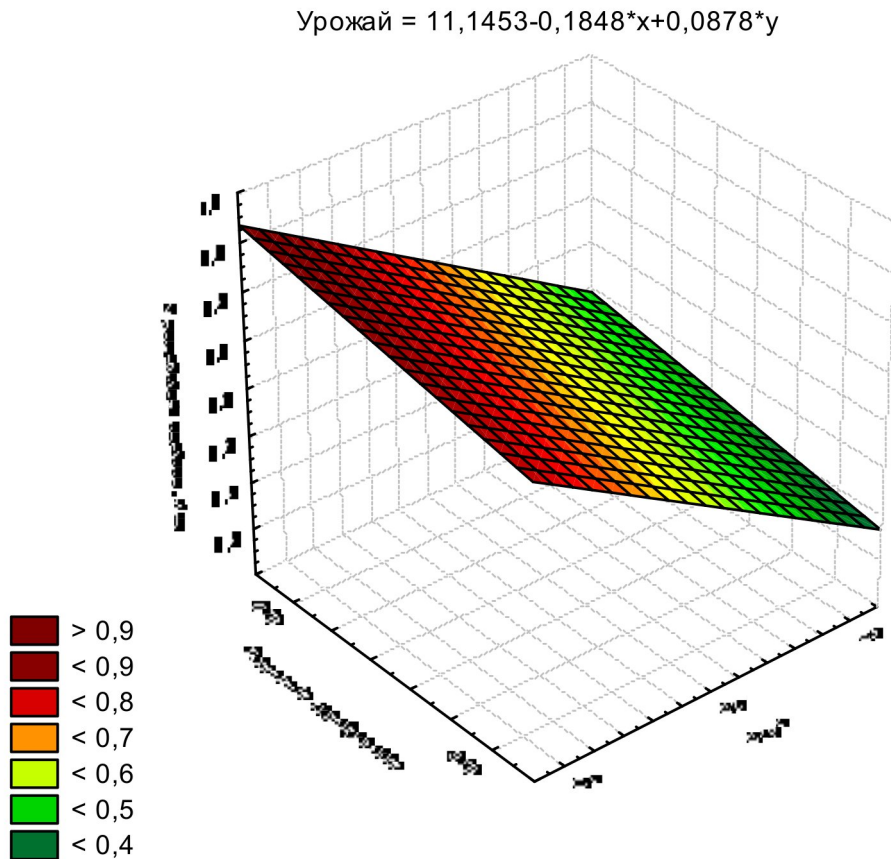


Рис. Б.2. Поверхня відгуку урожайності потомства насіння залежно від технології вирощування і сорту проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку Б

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

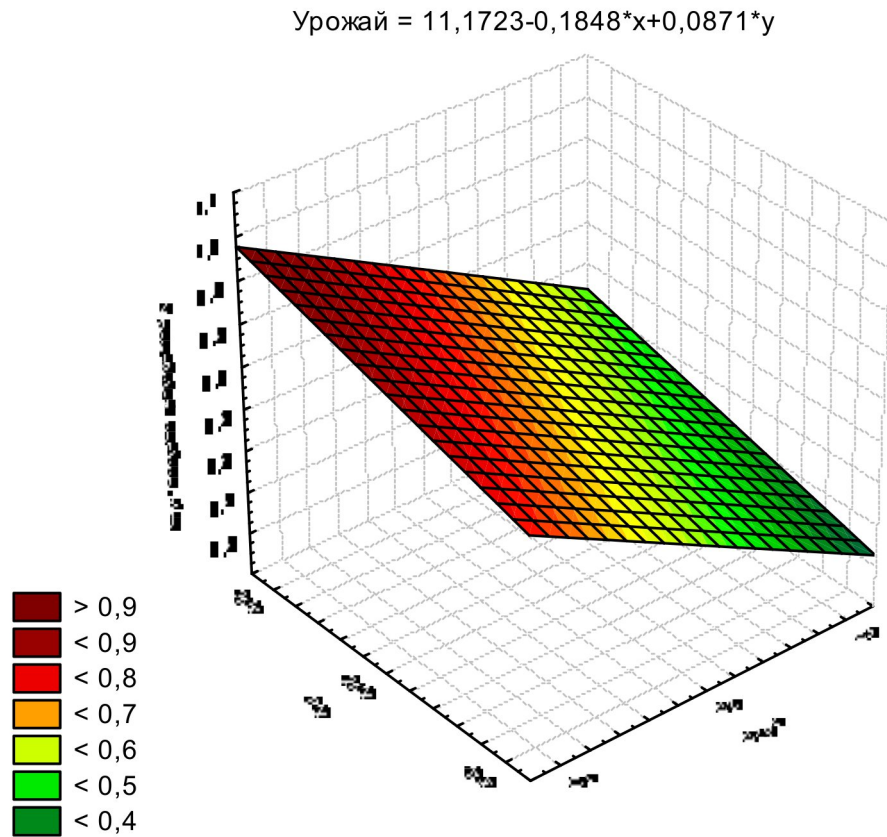


Рис. Б.3. Поверхня відгуку урожайності потомства насіння залежно від року і сорту проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку Б

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

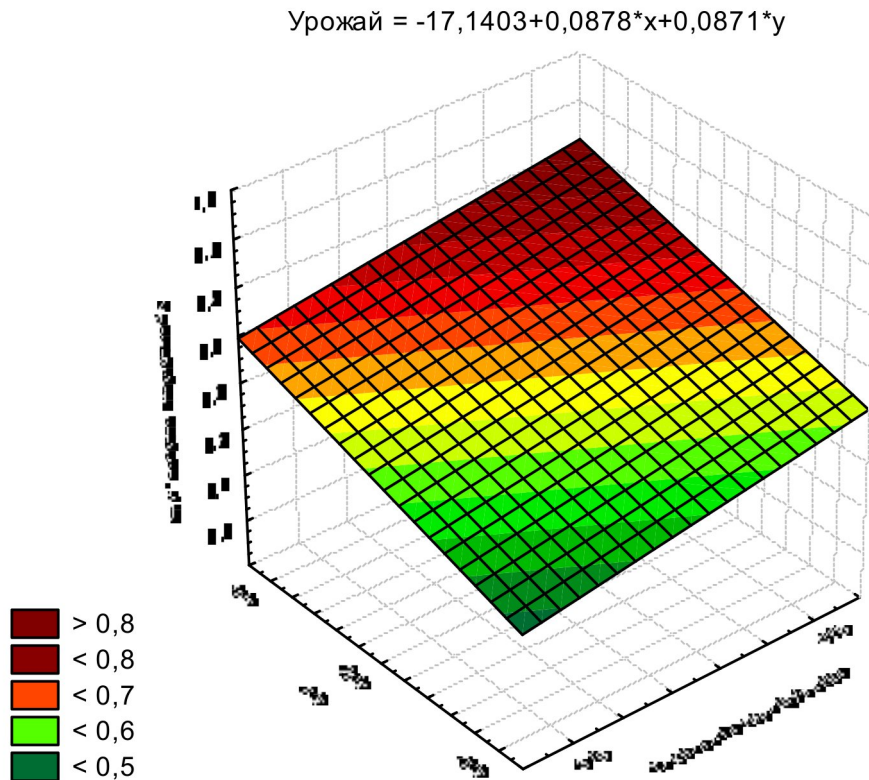


Рис. Б.4. Поверхня відгуку урожайності потомства насіння залежно від року і технології вирощування проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Додаток В

**Статистичний обрахунок даних врожайності насіння проса
прутоподібного залежно від позакореного підживлення посівів**

Урожайність насіння проса прутоподібного, 2021 р.

Варіанти	Повторення				Середнє за варіантами
	1	2	3	4	
вар.1	359,7	360,6	359,5	360,0	360,0
вар.2	400,2	399,8	399,4	400,7	400,0
вар.3	424,0	423,3	423,6	425,0	424,0
вар.4	488,0	485,8	486,4	487,0	486,8
вар.5	474,0	470,8	472,0	471,1	472,0
вар.6	502,4	503,6	504,0	503,0	503,3
вар.7	495,5	496,5	497,3	494,6	496,0
Середнє за повтореннями	449,1	448,6	448,9	448,8	448,9

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet14) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	5641057	1	5641057	6666415	0,00
"Var1"	72244	6	12041	14229	0,00
Error	18	21	1		

НІР₀₅ 10,53

Урожайність насіння проса прутноподібного, 2022 р.

Варіанти	Повторення				Середнє за варіантами
	1	2	3	4	
вар.1	445,6	444,3	445,5	446,4	445,5
вар.2	502,0	501,0	501,8	501,0	501,5
вар.3	614,8	615,6	613,0	613,8	614,3
вар.4	859,0	858,0	857,3	857,6	858,0
вар.5	912,0	911,0	911,0	911,3	911,3
вар.6	654,7	656,0	655,0	656,4	655,5
вар.7	647,0	646,9	648,0	648,0	647,5
Середнє за повтореннями	662,2	661,8	661,7	662,1	661,9

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet14) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	12268184	1	12268184	20894718	0,00
"Var1"	703070	6	117178	199574	0,00
Error	12	21	1		

HIP₀₅ 10,28

Урожайність насіння проса прутноподібного, 2023 р.

Варіанти	Повторення				Середнє за варіантами
	1	2	3	4	
вар.1	645,3	645,5	646,6	645,7	645,8
вар.2	740,3	742,4	743,0	741,3	741,8
вар.3	944,0	943,2	943,8	943,0	943,5
вар.4	1395,0	1394,0	1396,0	1394,8	1395,0
вар.5	1450,0	1448,6	1449,0	1448,4	1449,0
вар.6	1166,0	1165,3	1164,9	1165,0	1165,3
вар.7	1140,0	1139,4	1141,0	1139,6	1140,0
Середнє за повтореннями	1068,7	1068,3	1069,2	1068,3	1068,6

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet14) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	31974008	1	31974008	57060053	0,00
"Var1"	2267677	6	377946	674474	0,00
Error	12	21	1		

HIP₀₅ 10,25

Продовження Додатку В

Урожайність насіння проса прутоподібного, 2021-2023 рр.

Рік (фактор А)	Підживлення (фактор Б)	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
2021	вар.1	359,7	360,6	359,5	360,0	360,0
	вар.2	400,2	399,8	399,4	400,7	400,0
	вар.3	424,0	423,3	423,6	425,0	424,0
	вар.4	488,0	485,8	486,4	487,0	486,8
	вар.5	474,0	470,8	472,0	471,1	472,0
	вар.6	502,4	503,6	504,0	503,0	503,3
	вар.7	495,5	496,5	497,3	494,6	496,0
2022	вар.1	445,6	444,3	445,5	446,4	445,5
	вар.2	502,0	501,0	501,8	501,0	501,5
	вар.3	614,8	615,6	613,0	613,8	614,3
	вар.4	859,0	858,0	857,3	857,6	858,0
	вар.5	912,0	911,0	911,0	911,3	911,3
	вар.6	654,7	656,0	655,0	656,4	655,5
	вар.7	647,0	646,9	648,0	648,0	647,5
2023	вар.1	645,3	645,5	646,6	645,7	645,8
	вар.2	740,3	742,4	743,0	741,3	741,8
	вар.3	944,0	943,2	943,8	943,0	943,5
	вар.4	1395,0	1394,0	1396,0	1394,8	1395,0
	вар.5	1450,0	1448,6	1449,0	1448,4	1449,0
	вар.6	1166,0	1165,3	1164,9	1165,0	1165,3
	вар.7	1140,0	1139,4	1141,0	1139,6	1140,0
Середнє		693,7	693,3	693,7	693,5	726,5

Таблиця дисперсійного аналізу:

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	44330885	1	44330885	66706771	0,00
РІК	5552364	2	2776182	4177452	0,00
Вар	2171801	6	361967	544669	0,00
РІК*Вар	871190	12	72599	109243	0,00
Error	42	63	1		

НІР₀₅ (фактор А) 10,85НІР₀₅ (фактор Б) 26,94НІР₀₅ (фактор А і Б) 1,42

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

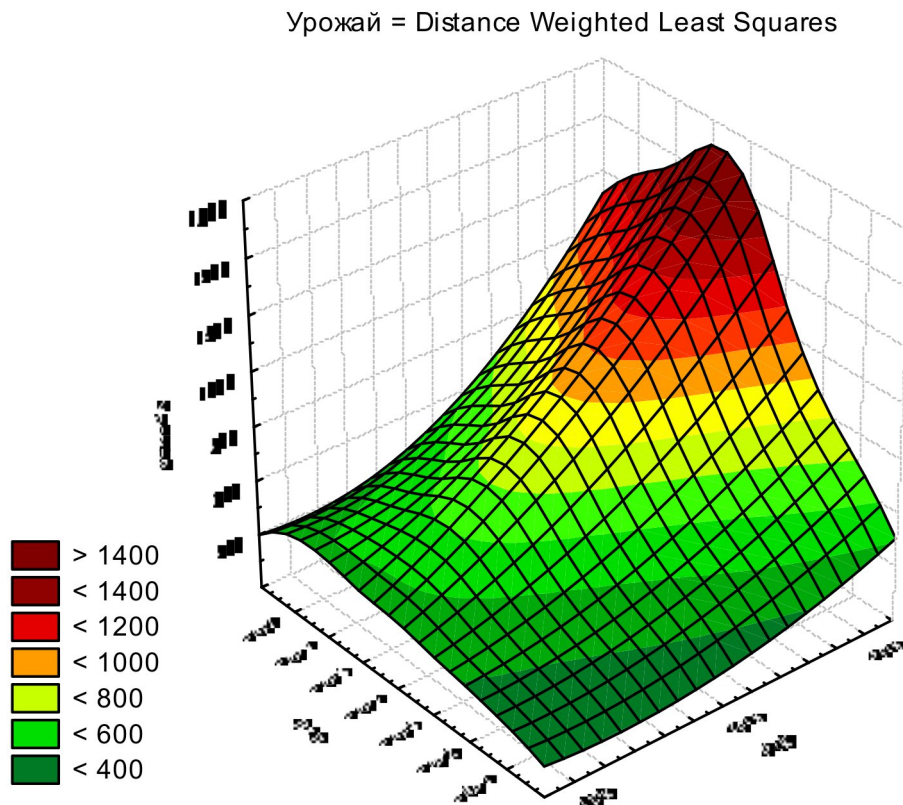


Рис. В.1. Поверхня відгуку урожайності насіння від року вегетації та застосування підживлення насіннєвих посівів проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

Геометричне та математичне представлення залежності цільової функції (відгуку) від кількох факторів (змінних) за даними урожайності насіння проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

$$\text{Урожай} = -38399,5881 + 309,8804 \cdot x + 56,0601 \cdot y$$

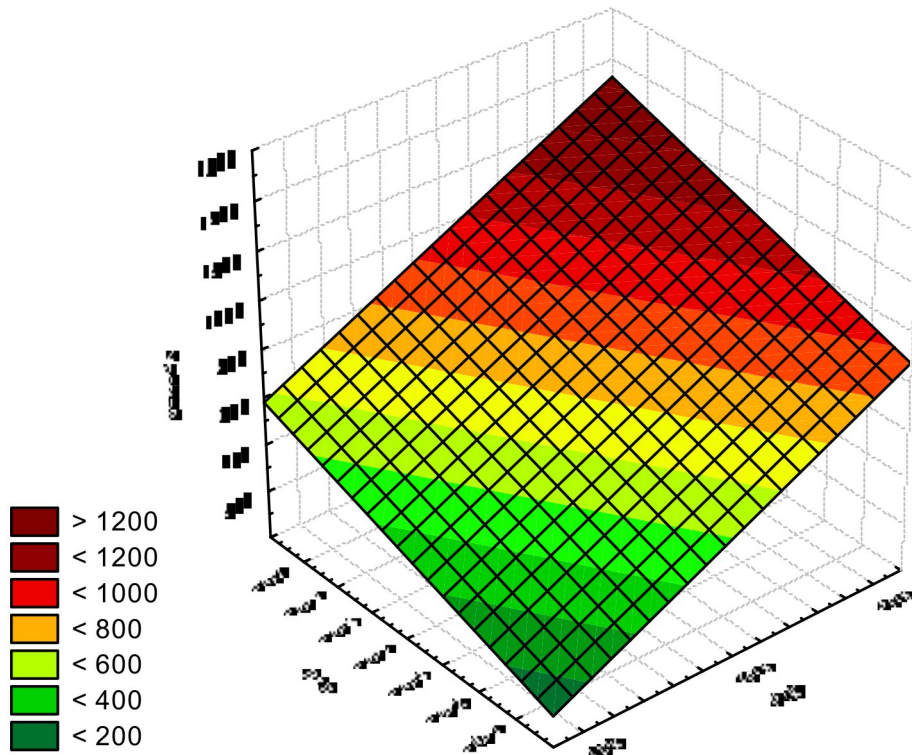


Рис. В.2. Поверхня відгуку урожайності насіння від року вегетації та застосування підживлення насіннєвих посівів проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку В

Графічне зображення статистичного розподілу числових даних урожайності насіння проса прутюподібного, 2021-2023 рр.

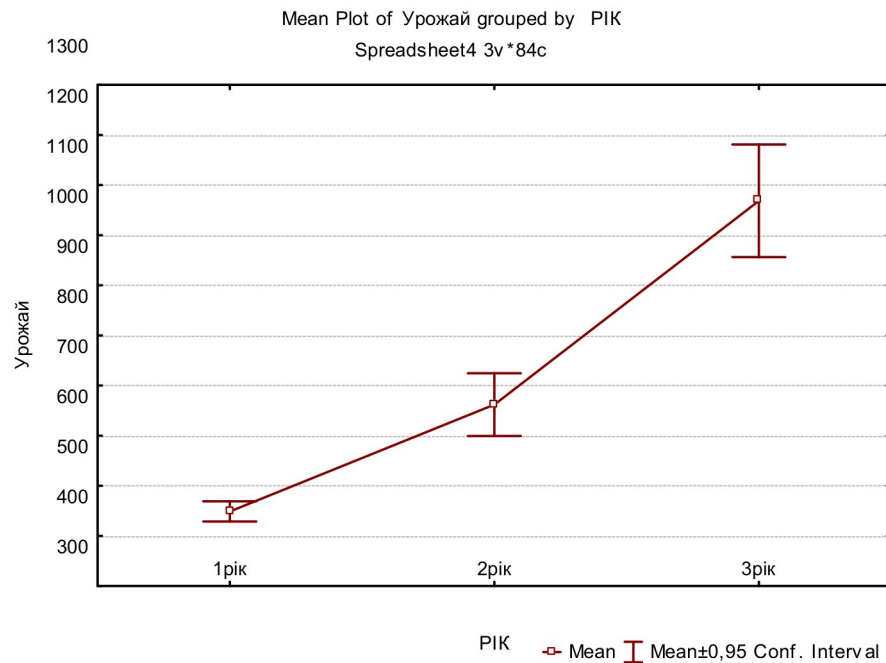


Рис. В.3. Коробковий гарфік залежності урожайності насіння проса прутюподібного за роками дослідження, 2021-2023 рр.

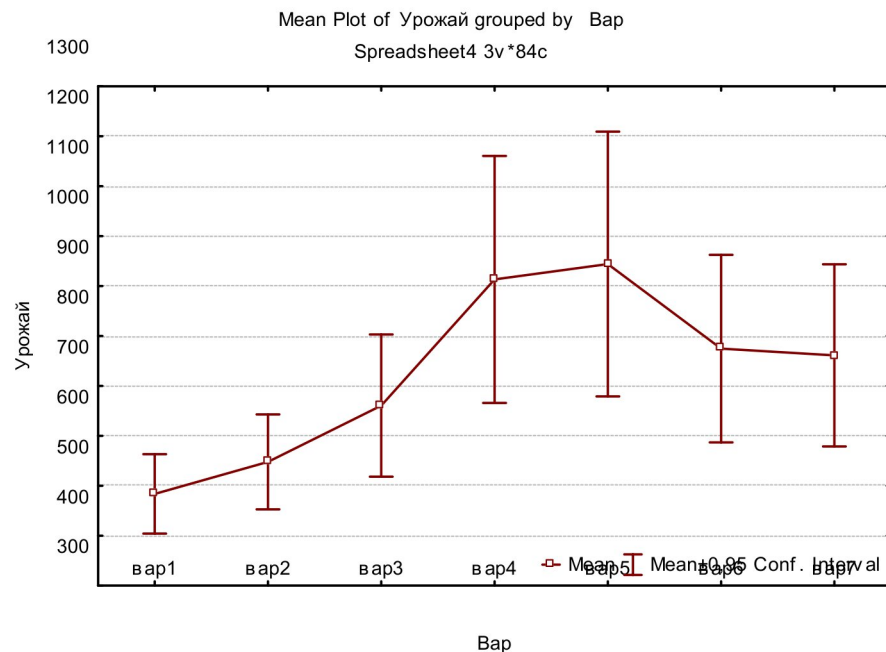


Рис. В.4. Коробковий гарфік залежності урожайності насіння проса прутюподібного за варіантами дослідження, 2021-2023 рр.

Продовження Додатку В

Графічне зображення статистичного розподілу числових даних урожайності насіння проса прутюподібного, 2021-2023 рр.

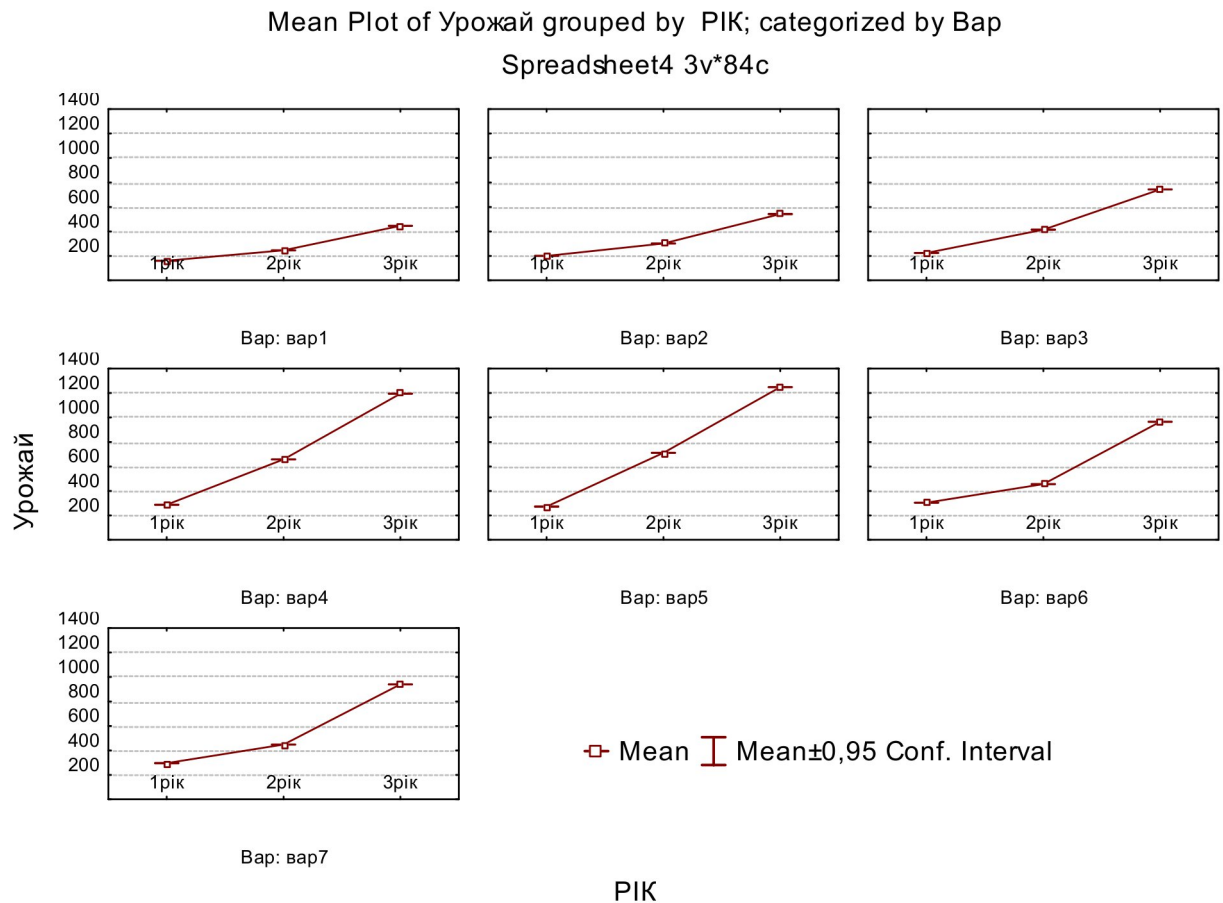


Рис. В.5. Коробкові гарфіки залежності урожайності насіння проса прутюподібного за варіантами досліду в розрізі років дослідження, 2021-2023 рр.

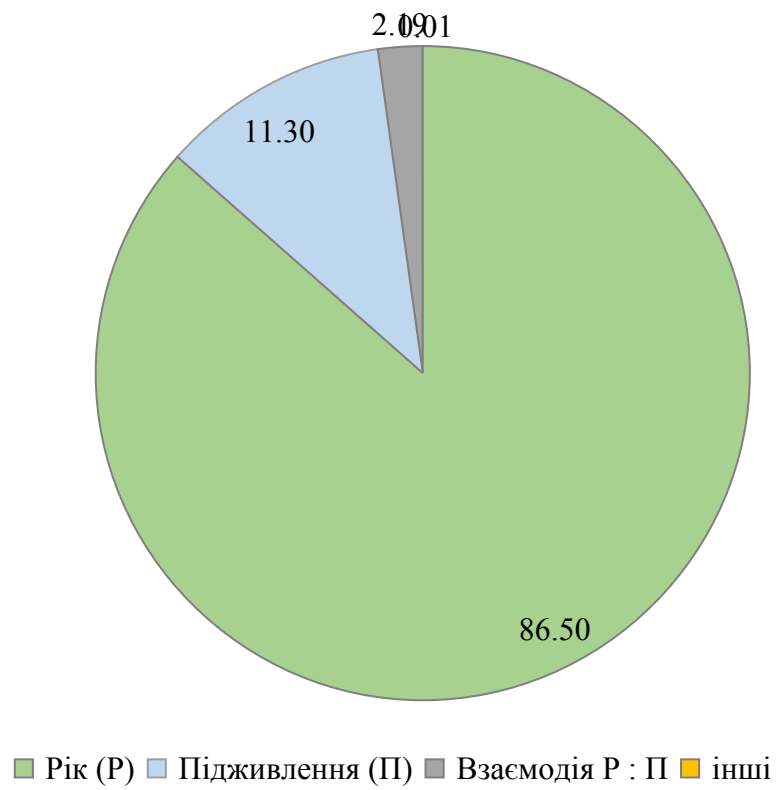


Рис. В.6. Частки впливу досліджуваних чинників на урожайність насіння проса прутноподібного, 2021-2023 рр.

Довідки, акт впровадження результатів досліджень у освітній процес та у виробництво, патенти

**Акт впровадження результатів досліджень у виробництво
(ТОВ «Савинці»)**

ПОГОДЖЕНО:

Ректор Полтавського державного аграрного університету

О.А. Галич

« 3 » листопада 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної наукової роботи

А.М. Шостя

« 3 » листопада 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідних робіт у виробництво

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Вплив умов вирощування на врожайні властивості та посівні якості насіння проса прутюподібного» за спеціальністю 201° Агрономія, виконаної в Полтавському державному аграрному університеті аспірантом Ритченко А.В. впроваджені в умовах Товариства з обмеженою відповідальністю «Савинці» Миргородського району Полтавської області.

Вид впроваджених результатів: отримано збільшення врожайності насіння проса прутюподібного відповідно рекомендацій розроблених автором дисертації.

Рік та обсяг впровадження: 2024-2025 роки, площа 0,5 га.

Отриманий економічний ефект від впровадження: збільшено виручку від реалізації продукції проса прутюподібного до 35000 грн/га.

Від Полтавського ДАУ

Ректор

О.А. Галич

Виконавець А.В. Ритченко

ТОВ «Савинці» Україна

Директор

Т.М. Ситник

« 3 » листопада 2025 р.

Продовження Додатку Д

Довідка впровадження результатів наукових досліджень в освітній процес

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заступник директора з наукової роботи
Інституту біоенергетичних культур і
цукрових буряків НААН




Віктор СІНЧЕНКО
17 лютого 2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201° «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» Ритченка Андрія Вікторовича на тему: «Вплив умов вирощування на врожайні властивості та посівні якості насіння проса прутоподібного»

Матеріали дослідження Ритченка А. В. щодо встановлення закономірностей збільшення врожайності та якості насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сортових особливостей та удосконалення елементів технології вирощування насінницьких посів використовуються в навчальному процесі Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН під час викладання навчальної дисципліни «Наукові основи вирощування рослин для переробляння на біоенергетичні цілі» для здобувачів освітньо-наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201° «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

Гарант освітньо-наукової програми
201 «Агрономія»



Володимир ДОРОНІН

Завідувач відділу селекції і сталих
технологій вирощування та
переробляння біоенергетичних
культур



Олександр ГАНЖЕНКО

Продовження Додатку Д

Довідка впровадження результатів наукових досліджень в освітній процес

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної,
наукової роботи Полтавського
державного аграрного університету,
доктор с.-г. наук, професор

Анатолій ШОСТЯ

« 18 » грудня 2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження у освітній процес результатів наукових досліджень здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Ритченка Андрія Вікторовича за темою дисертаційної роботи «Вплив умов вирощування на врожайні властивості та посівні якості насіння проса прутіподібного» за спеціальністю 201°Агронімія галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Матеріали дослідження Ритченка Андрія Вікторовича щодо вивчення закономірностей формування насінневої продуктивності проса прутіподібного залежно від сорту та удосконалення елементів технології вирощування насінників використовуються в освітньому процесі Полтавського державного аграрного університету при викладанні навчальних дисциплін «Енергетичні культури» та «Рослинний енергетичний ресурс» на кафедрі селекції, насінництва і генетики навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології.

Директор ІНІ агротехнологій,
селекції та екології

Микола МАРЕНИЧ

Завідувач кафедри селекції,
насінництва і генетики

Світлана ЮРЧЕНКО

Патенти на корисні моделі



Патенти на корисні моделі



СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:*****Публікації у закордонних наукових виданнях які внесені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science***

1. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum L. and Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1) : 199764 [DOI: https://doi.org/10.37501/soilsa/199764](https://doi.org/10.37501/soilsa/199764) (30 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Публікації у наукових фахових виданнях України

2. Кулик М. І., Білявська Л. Г., Рожко І. І., Ритченко А. В. Урожайні властивості насіння сортів проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 16. С.117–125. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.18> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

3. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Вплив екотипічних властивостей сортів на врожайність насіння проса прутоподібного. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2023. Вип. 53(3). С. 70–78. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.10> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

4. Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насінневих посівів проса прутоподібного. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 27–35. [doi:10.31210/spi2024.27.02.5](https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.5) (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

5. Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 28 (1). С. 55–62. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.10> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

6. Ритченко А. В., Калініченко О. В., Кулик М. І. Ефективність та логістика виробництва насіння проса прутіподібного залежно від елементів агротехнології. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339554> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

Матеріали й тези доповідей на конференціях

7. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування врожайності світчграсу залежно від умов вирощування. *Другі Сазановські читання : Іван Овсінський і його «Нова система землеробства»*. Матеріали круглого столу присвяченого піонеру агродослідництва Івану Євгеновичу Овсінському, м. Полтава, 27 жовтня 2021 р. Полтава : Астроя, 2022. С. 53–55. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.6381706>

8. Кулик М. І., Ритченко А. В. Енергетичні культури: перспективи виробництва біомаси. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели* (м. Полтава, 30 вересня 2022 р.). Полтава : ПДАУ, 2022. С. 96–98. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/40a71d7a-d2d1-4c42-81bc-c8c7d25a49a6/content>

9. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підвищення врожайних властивостей насіння проса прутіподібного залежно від умов вирощування. *Development of Education, Science and Business: Results 2022: Proceedings of the International*

Scientific and Practical Internet Conference, December 22-23, 2022. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine. С. 30–31. URL: <http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2022/12/Conference-Proceedings-December-22-23-2022.pdf>

10. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Врожайні властивості насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування материнських рослин. *Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції / ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»*; укладачі: Мацай Н. Ю., та ін. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2022. С. 126–130. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6a341ecf-9bcd-4461-a680-cdf87a0529da/content>

11. Ритченко А. В., Кулик М. І. Особливості формування врожайних властивостей насіння сортів світчграсу. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of science»*, January 16–17, 2023, Prague, Czech Republic by the «InterSci». PP. 6–7. URL: <https://intersci.eu/wp-content/uploads/2023/01/Theoretical-and-practical-aspects-of-science.pdf>

12. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Потенціал адаптивності та продуктивності сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). *Матеріали XI міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів: Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*. с. Центральне, 21 квітня 2023. С. 109. URL: https://sops.gov.ua/uploads/news/2023-05-09_RMV/2023-05-09_RMV.pdf

13. Рожко І. І., Ритченко А. В. Вивчення сортових ресурсів проса прутоподібного як вихідного матеріалу для селекції. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики / Редкол.: М. М. Маренич (відп. ред.) та ін. (15 травня 2023 р.)*. Полтава: ПДАУ, 2023. С.

109–111. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d67093d5-00db-4df4-880d-1214b3eb796b/content>

14. Ритченко А. В., Кулик М. І. Підбір сортів проса прутоподібного (світчграсу) для отримання якісного насіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції* (11–13 жовтня 2023 р.). Умань, 2023. С. 148–150. URL: <https://genetics.udau.edu.ua/assets/files/01.01.2021-2022-konferen-parievi-chitannya/genetika-i-seleksiya-2021-zbirnik-tez.pdf>

15. Ритченко А. В., Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності проса прутоподібного. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*. 14–15 травня 2024 р. м. Полтава, 2024. С. 64–66. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/75fd7131-3441-4bf5-aeed-f8dab01200dc/content>

16. Ритченко А. В., Кулик М. І. Вплив підживлення посівів на насінневу продуктивність проса прутоподібного. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу Полтавського державного аграрного університету за підсумками науковопрактичних досліджень в 2023 році* (м. Полтава, 14–15 травня 2024 року). Полтава: РВВ ПДАУ, 2024. С. 91–94. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9ebaeeab-fe14-4a57-9880-d3f27b144991/content>

17. Ритченко А. В., Кулик М. І. Урожайність та якість насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Сучасні технології агропромислового виробництва: матеріали III Міжн. науково-практичної конференції* (14-15 листопада 2024). Кропивницький: ЦНТУ. 2024 С. 30–31. URL: https://drive.google.com/file/d/1gcYTp7uhG5is_eT8OL5e0V7qPBNopc-S/view

18. Ритченко А. В., Рожко І. І., Кулик М. І. Насіннева врожайність проса прутоподібного залежно від підживлення насінневих посівів. *Інтеграція знань та інновацій у розвитку науки, освіти і суспільства: мультидисциплінарний*

підхід до вирішення сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 29 березня 2025 р.): у 2 ч. Рівне: ЦФЕНД, 2025. Ч. 2. С. 28–31. URL: <https://www.economics.in.ua/2025/03/29-2.html>

Розділ колективної монографії:

19. Rytchenko A., Rozhko I., Kulyk M. Features of the use of energy crops in the conditions of Ukraine. *MODERN ASPECTS OF SCIENCE : XXV volume of the international collective monograph*. Czech Republic, 2022. P. 464–493. URL: <http://perspectives.pp.ua/public/site/mono/mono-25.pdf> (60 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

Патенти на корисну модель:

20. Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В., Падалка В. В., Іванов О. М. Спосіб вирощування насінневого матеріалу проса прутоподібного: патент на корисну модель власник Полтавський державний аграрний університет: №UA160934, МПК (2025.01), А01Н 4/00. 22.10.2025, Бюл. № 43. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/823/patent160934.pdf>

21. Кулик М. І., Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Падалка В. В., Калініченко О. В., Ритченко А. В., Іванов О. М. Спосіб збільшення врожайності схожого насіння проса прутоподібного: патент на корисну модель, власник Полтавський державний аграрний університет: №UA161414, МПК (2025.01), А01G 22/00. 3.12.2025, Бюл. № 49. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/5884/rozhkopatent05122025.pdf>