

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГЕРАСИМЮК ПАВЛО ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 633.854.78:631.559]:638.19

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВПЛИВ КОМАХОЗАПИЛЕННЯ НА ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ
УРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
(НА ПРИКЛАДІ *HELIANTHUS ANNUUS L.*)**

101 Екологія

10 Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

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



П.В. Герасимюк

Науковий керівник: Федоряк Марія Михайлівна, доктор біологічних наук, професор

Чернівці – 2026

АНОТАЦІЯ

Герасимюк П.В. «Вплив комахозапилення на елементи структури урожаю сільськогосподарських культур (на прикладі *Helianthus annuus* L.)». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 101 Екологія (10 Природничі науки). – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, 2026.

У дисертаційній роботі теоретично узагальнено та практично вирішено важливе наукове завдання щодо визначення впливу комахозапилення на елементи структури врожаю й продуктивність *Helianthus annuus* L. – однієї з ключових олійних культур, що має стратегічне значення для аграрного сектору та експортного потенціалу України. Удосконалено методичні підходи до визначення показників продуктивності соняшнику за різних умов доступу комах-запилювачів. На прикладі досліджених двадцяти сучасних високопродуктивних гібридів *H. annuus*, вирощених у різних ґрунтово-кліматичних умовах, продемонстровано позитивний вплив комахозапилення на продуктивність і біологічну урожайність культури. Результати аналізу економічної ефективності засвідчили перспективність застосування керованого бджолозапилення як агротехнічного прийому з метою підвищення прибутковості та рентабельності виробництва соняшнику.

Експериментальна частина роботи здійснювалася впродовж трирічного періоду і передбачала два етапи досліджень: польовий та лабораторний. На першому році експерименту – у 2019 р. – полігоном для дослідження стали землі сільськогосподарського призначення, підпорядковані агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп», що розташовані у с. Форосна Чернівецької області, приуроченої до фізико-географічних умов Прут-Дністровської височинної області Зони широколистяних лісів, у 2020 р. – у с. Хоростків Тернопільської області, приуроченої до Передкарпатської височинної області гірського краю Українські Карпати, у 2021 р. – у с. Слобода-Комарівці, приуроченої до Західноподільської

височинної області Зони широколистяних лісів. Дизайн експерименту передбачав формування в досліджених аграрних екосистемах двох груп рослин для кожного гібриду соняшнику: 1) з ізоляцією суцвіття від вільного доступу комах-запилювачів за допомогою агроволокняного сітчастого ізоляційного чохла та 2) з вільним доступом комах-запилювачів. Дослідження впливу комахозапилення на елементи структури урожаю проводили на прикладі 20-ти сучасних гібридів *H. annuus* виробництва 6 провідних компаній: «Syngenta», «Euralis», «Pioneer», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT Semences».

В результаті проведених досліджень розроблено і апробовано алгоритм визначення показників продуктивності *H. annuus* за різних умов запилення, який узагальнює, розширює і доповнює наявні методичні підходи до аналізу впливу комахозапилення на елементи структури врожаю та продуктивність *H. annuus*. Виокремлено найінформативніші цінні господарські ознаки дослідження ефективності запилення гібридів соняшнику: загальна кількість і маса сім'янок у кошику, виповненість насіння за зонами кошикового диску, лущинність, маса 1000 насінин, олійність, натура. До визначення окремих з них розроблені методичні підходи. Показано доцільність визначення виповненості насіння окремо з трьох зон кошикового диску, а маси 1000 насінин, натури та олійності – у змішаній пробі з одного кошика, а також вказано на ефективність визначення олійності з необрушеного насіння, що не потребує додаткової підготовки матеріалу до аналізу і часових затрат.

Встановлено різні ступені чутливості гібридів до наявності комах-запилювачів за одним чи декількома показниками структури урожаю. Побудовано спадні ряди чутливості досліджених гібридів до комахозапилення за кожним з досліджених показників. Виокремлено гібриди з високою чутливістю до умов запилення, для яких відзначено найістотніше покращення більшості досліджених показників в умовах доступу комах-запилювачів у порівнянні з показниками ізольованих рослин (SY Experto, NK Kondi, LG5478, ES Rosalia, WOLFF).

Для гібридів, які продемонстрували статистично значуще поліпшення показників за проаналізованих умов комахозапилення у порівнянні з

ізолюваними суцвіттями соняшнику в різних фізико-географічних зонах України, встановлено: збільшення загальної маси сім'янок у кошику – у 1,1-2,3 рази; збільшення маси 1000 сім'янок – у 1,2-1,6 рази; збільшення олійності – у 1,1-1,3 рази; зменшення лушпинності у 1,2-1,3 рази; збільшення натури – у 1,2-1,5 рази; збільшення загальної кількості сім'янок у кошику – у 1,1-2,7 рази.

Доведено істотний позитивний вплив комахозапилення на показник виповненості сім'янок із максимальним проявом при керованому бджолозапиленні, в умовах якого у всіх досліджених гібридів встановлено зменшення частки невивірених сім'янок у периферійній зоні – на 5-47 % (в середньому – на ~36 %), в проміжній зоні – на 8-41 % (в середньому – на ~26 %), в центральній зоні – на 8-42 % (в середньому на ~20 %).

Встановлено зростання біологічної урожайності у більшості досліджених гібридів (в середньому на + 31 %) за умов вільного доступу комах-запилювачів. Найбільш помітний вплив відзначено для гібридів ES Rosalia, NK Brio та RGT Wollf в умовах керованого бджолозапилення.

Досліджено видове різноманіття комах-запилювачів посівів *H. annuus*. Аналіз комаховідвідування посівів соняшнику засвідчив відносно невисокий рівень біологічного видового різноманіття ентомофауни, а домінуючим запилювачем соняшника була *Apis mellifera* L., частка якої становила 88,7-98,8%. Серед інших видів комах, зафіксованих на посівах культури, відзначено *Bombus terrestris* L., *Scathophaga stercoraria* L., *Sphaerophoria scripta* L. та *Adelphocoris lineolatus* G.

На основі порівняльного аналізу результатів дво- або трирічних спостережень показників продуктивності та урожайності гібридів ES Rosalia, ES Bella, SY Kurava, NK Kondi та LG5478 встановлено сприятливість ґрунтово-кліматичних умов для вирощування соняшника на території Прут-Дністровської та Західноподільської височинних областей Зони широколистяних лісів України, а також істотний позитивний вплив керованого бджолозапилення у менш сприятливих умовах Передкарпатської височинної області гірського краю Українські Карпати. Найпомітніший значущий ефект комахозапилення

відзначено для показників загальної маси сім'янок кошика, виповненості та біологічної урожайності.

Обґрунтовано диференційований підхід до просторового розміщення гібридів *Helianthus annuus* L. на виробничих полях в аграрних екосистемах з урахуванням ступеня їхньої залежності від комахозапилення. За результатами досліджень гібриди класифіковано за рівнем чутливості показників урожайності та якості насіння до наявності запилювачів, що дозволяє оптимізувати схеми розміщення посівів і використання мобільних пасік з бджолиними колоніями для забезпечення високої продуктивності культури в умовах виробництва.

Комахозапилення позитивно відображається на прибутку та рівні рентабельності виробництва *H. annuus* в досліджених фізико-географічних зонах України. Найкраща економічна ефективність в умовах експерименту 2019 року відзначена для гібриду LG5665M; 2020 р. – LG5478; 2021 р. – ES Rosalia. Результати регресійного аналізу засвідчили, що наявність комахозапилення прогнозовано дозволяє додатково отримати прибуток в розмірі 1,26-1,43 тис. грн/га.

Вперше показано вплив комахозапилення на елементи структури урожаю 20 сучасних гібридів *H. annuus* виробництва 6 провідних селекційно-насіннєвих компаній: «Syngenta», «Euralis», «Pioneer», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT Semences», вирощених в різних фізико-географічних умовах Західного регіону України. Доведений позитивний вплив комахозапилення на показники продуктивності та урожайності більшості досліджених гібридів *H. annuus*. Сформовано науково обґрунтовані практичні рекомендації щодо агротехнічних прийомів оптимізації схеми розміщення посівів і забезпечення ефективного запилення соняшнику.

Удосконалено алгоритм дослідження та методичні підходи до аналізу впливу комахозапилення на елементи структури врожаю і продуктивність *H. annuus*; показана доцільність визначення кількості, маси та виповненості насіння окремо з трьох зон кошикового диска, а маси 1000 сім'янок, натури, олійності – у змішаній пробі з одного кошика. Такий підхід забезпечує необхідну статистичну вибірку для показників і економить час опрацювання одного

кошика. Доведено ефективність визначення олійності з необрушеного насіння, що не потребує додаткової підготовки матеріалу до аналізу і часових затрат.

Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо доцільності застосування керованого бджолозапилення для підвищення продуктивності сучасних гібридів *H. annuus*; обґрунтування диференційованого підходу до просторового розміщення гібридів *H. annuus* на виробничих полях з урахуванням ступеня їхньої залежності від комахозапилення. За результатами досліджень гібриди класифіковано за рівнем чутливості показників урожайності та якості насіння до наявності запилювачів, що дозволяє оптимізувати схеми розміщення посівів і використання мобільних пасік з метою забезпечення високої продуктивності культури в умовах виробництва.

Практичне значення результатів дослідження підтверджено актами впровадження у виробництво вирощування соняшнику. Розроблені рекомендації щодо просторового розташування масивів окремих гібридів *H. annuus* на виробничих полях із урахуванням ступеня їх чутливості і присутності комах-запилювачів враховані фахівцями агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп». Отримані результати економічної ефективності бджолозапилення можуть бути використані як основа для подальшого економетричного моделювання та прогнозування за різних схем вирощування *H. annuus*.

Результати дисертаційної роботи використовуються під час викладання навчальних дисциплін для студентів спеціальності «Екологія» ОПП «Екологія».

Дисертація виконана в межах тематики науково-дослідної роботи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича «Аналіз впливу комах-запилювачів на врожайність перехреснозапильних культур» на демонстраційних полях, підпорядкованих агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп» в агрокліматичних умовах Західної України (2021; 51.000). Тема дослідження відповідає науковій тематиці кафедри, а саме: кафедральній темі «Оцінка екосистемних послуг і асоційованих факторів ризику на градієнтах ландшафтних умов у цілях сталого розвитку» (2021-2025; номер державної

реєстрації № 0121U105597), держбюджетної теми (51.803) «Моніторинг і оптимізація екосистемних послуг в умовах агровиробничих впливів на засадах концепції соціоекологічної системи» (2022-2024; номер державної реєстрації № 0122U001217). Частина роботи виконана в рамках Міжнародного проєкту «RestPoll: Відновлення середовищ існування запилювачів у європейських агроландшафтах на основі мультипартисипативного підходу / Restoring Pollinator habitats across European agricultural landscapes based on multi-actor participatory approaches» за рамково угодою ЄС «Horizon Europe», який реалізується Чернівецьким національним університетом і безпосередньо кафедрою екології та біомоніторингу (2023-2027; Наказ ЧНУ № 429 від 20.11.2023 р.).

Ключові слова: *Helianthus annuus* L., гібриди, елементи структури урожаю, урожайність, аграрні екосистеми, біологічне і генетичне різноманіття, *Apis mellifera* L., бджолині колонії, комахи, види, екологічний фактор, землі сільськогосподарського призначення, Карпатський регіон, цінні господарські ознаки, Чернівецька область.

ABSTRACT

Herasymiuk P. «Influence of insect pollination on the elements of yield structure of agricultural crops (using *Helianthus annuus* L. as an example)». Qualification scientific work as a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 101 Ecology (10 Natural Sciences). – Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, 2026.

The thesis provides a theoretical generalization and a practical approach to an important scientific problem concerning the impact of insect pollination on yield structure components and the productivity of *Helianthus annuus* L., which is one of the key oilseed crops of strategic importance for the agricultural sector and Ukraine's export potential. Methodological approaches to determining sunflower productivity indicators under different conditions of insect access have been improved. A positive effect of insect pollination on crop productivity and biological yield was

demonstrated based on the study of twenty modern high-yielding *H. annuus* hybrids grown under diverse soil and climatic conditions. The economic efficiency analysis showed the effectiveness of using controlled bee pollination as an agrotechnical practice to increase the profitability of sunflower production.

The experimental part of the study was conducted over a three-year period (2019-2021) and included two stages: field and laboratory research. In the first year of the experiment (2019), the study was conducted on agricultural lands managed by the Continental Farmers Group agroholding in the village of Forosna, Chernivtsi region, within the Prut-Dniester Upland in the Broad-leaved Forest Zone. In 2020, the experiment was carried out in the village of Khorostkiv, Ternopil region, situated in the Pre-Carpathian Upland within the Ukrainian Carpathians region. In 2021, the research was performed in the village of Sloboda-Komaryvtsi, located in the West Podillia Upland in the Broad-leaved Forest Zone. The experimental design included two plant groups within the studied agrarian ecosystems for each sunflower hybrid: (1) plants with inflorescences isolated from insect pollinators using an agrofiber mesh cover, and (2) plants with free access to pollinating insects. The impact of insect pollination on yield structure components was assessed based on 20 modern *H. annuus* hybrids developed by six key breeding and seed companies: Syngenta, Euralis, Pioneer, Limagrain, MAS Seeds, and RAGT Semences.

The study resulted in the development and validation of an algorithm for assessing productivity indicators of *H. annuus* under different pollination conditions. The proposed algorithm systematizes, refines, and enhances existing methodological approaches to analyzing the impact of insect pollination on elements of crop structure. The most informative valuable economic features for assessing the pollination efficiency of sunflower hybrids were determined: the total number and mass of achenes per head, seed set across head disk zones, huskiness, thousand-seed weight, oil content, and test weight. Appropriate methodological approaches for assessing individual indicators were developed. The feasibility of separately determining the number, mass, and seed set of achenes from three conditional head zones was substantiated, while thousand-seed weight, test weight, and oil content

were recommended to be determined in a mixed sample from the main head. The effectiveness of determining oil content from unshelled seeds was also established, as this does not require additional sample preparation or significant time expenditure.

Different levels of sensitivity of sunflower hybrids to insect pollination were revealed for one or more yield structure indicators. Descending rankings of hybrid sensitivity to insect pollination were developed for each studied indicator. Hybrids with high sensitivity to pollination conditions were identified, for which the most significant improvement in most studied indicators was observed under insect pollination compared with isolated plants (SY Experto, NK Kondi, LG 5478, ES Rosalia, RGT WOLLF).

For hybrids that demonstrated statistically significant improvements in indicators under insect pollination compared with isolated sunflower inflorescences in different physical and geographical zones of Ukraine, the following changes were observed: total mass of achenes per basket increased by 1.1-2.3 times; thousand-achenes weight increased by 1.2-1.6 times; oil content increased by 1.1-1.3 times; huskiness decreased by 1.2-1.3 times; test weight increased by 1.2-1.5 times; and total number of seeds per basket increased by 1.1-2.7 times.

A significant positive effect of insect pollination on the achene filling rate was demonstrated, with the greatest effect observed under controlled bee pollination. Under these conditions, all studied hybrids showed a decrease in the proportion of unfilled achenes: by 5-47% (on average ~36%) in the peripheral zone, by 8-41% (on average ~26%) in the intermediate zone, and by 8-42% (on average ~20%) in the central zone.

Biological yield increased in most of the studied hybrids (by an average of 31%) under free insect pollination compared with isolated plants. The greatest effect was observed in the ES Rosalia, NK Brio, and RGT Wollf hybrids under controlled bee pollination.

We assessed the species diversity of insect pollinators of *H. annuus*. Analysis of insect visitation showed a relatively low species biological diversity of pollinating

entomofauna. The dominant pollinator species was *Apis mellifera* L., accounting for 88.7-98.8% of visits. Among other insect species observed in the sunflower fields, *Bombus terrestris* L., *Scathophaga stercoraria* L., *Sphaerophoria scripta* L., and *Adelphocoris lineolatus* G. were recorded.

Based on a two- or three-year comparative analysis of productivity and yield indicators of the ES Rosalia, ES Bella, SY Kupava, NK Kondi, and LG5478 hybrids, favorable agro-climatic conditions for sunflower cultivation were identified in the Prut-Dniester and West Podillia upland regions of the Broad-leaved Forest Zone of Ukraine, as well as a significant positive effect of controlled bee pollination under less favorable conditions in the Precarpathian upland region of the Ukrainian Carpathians. The most pronounced effect of insect pollination was observed for total achene mass per basket, seed set, and biological yield.

A differentiated approach to the field spatial placement of *H. annuus* hybrids in the agrarian ecosystems, considering their degree of dependence on insect pollination, was substantiated. The study results showed that the hybrids were classified according to the sensitivity of yield and seed quality indicators to the presence of pollinators, which allows optimization of crop placement schemes and the use of mobile apiaries with bee colonies to ensure high crop productivity under production conditions.

Insect pollination positively affects the profitability of sunflower production in the studied physical and geographical zones of Ukraine. The highest levels of economic efficiency indicators were demonstrated under experimental conditions by the LG5665M hybrid in 2019, LG5478 in 2020, and ES Rosalia in 2021. Regression analysis showed that insect pollination allows generating additional profit ranging from 1.26 to 1.43 thousand UAH per hectare.

The effect of insect pollination on yield structure components of 20 modern *H. annuus* hybrids produced by six leading companies (Syngenta, Euralis, Pioneer, Limagrain, MAS Seeds, and RAGT Semences), grown under different physical and geographical conditions in the Western region of Ukraine, was demonstrated for the first time. The positive effect of insect pollination on the productivity and yield

components of most studied *H. annuus* hybrids was also demonstrated. Scientifically grounded practical recommendations have been developed on agronomic practices aimed at optimizing crop spatial arrangement and ensuring effective sunflower pollination.

The research algorithm and methodological approaches to analyzing the effect of insect pollination on yield structure components and productivity of *H. annuus* were refined. The feasibility of separately determining the number, mass, and seed set from three zones of the head disk was demonstrated, while thousand-seed weight, test weight, and oil content were determined using a mixed sample from one head. This approach ensures sufficient statistical sample size and reduces processing time per head. The effectiveness of determining oil content from unshelled seeds was also demonstrated, as this does not require additional sample preparation or additional time costs.

Theoretical provisions on the potential use of controlled bee pollination to increase the productivity of modern *H. annuus* hybrids were further elaborated. A differentiated approach to the spatial placement of *H. annuus* hybrids in production fields was substantiated, taking into account their degree of dependence on insect pollination. Based on the research results, the hybrids were classified according to the sensitivity of yield and seed quality indicators to the presence of pollinators, which allows optimization of crop planting schemes and the use of mobile apiaries to ensure high crop productivity under production conditions.

The practical significance of the research results was confirmed by implementation reports on sunflower cultivation into production. The developed recommendations for the spatial arrangement of *H. annuus* hybrids in production fields, considering their sensitivity to pollinators, were adopted by specialists of the Continental Farmers Group agricultural holding. The obtained results on the economic efficiency of bee pollination can serve as a basis for further econometric modeling and forecasting under various sunflower cultivation schemes, taking into account the varying potential of the genetic diversity hybrids, environmental factors, and soil & climatic cultivation conditions of *H. annuus*.

The results of the dissertation are used in the teaching process for student courses of the specialty «Ecology» within the Educational and Professional Program «Ecology».

The dissertation was carried out in accordance with the research theme of the Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University (2021; 51.000) «Analysis of the impact of pollinating insects on the yield of cross-pollinated crops». Part of the work was carried out within the framework of the international project «RestPoll: Restoring Pollinator habitats across European agricultural landscapes based on multi-actor participatory approaches» under the EU Framework Programme «Horizon Europe» (2023-2027). The research topic corresponds to the department's research themes, namely: the departmental research themes «Assessment of ecosystem services and associated risk factors across gradients of landscape conditions for sustainable development» (2021-2025; state registration number № 0121U105597), and the state budget topic (51.803) «Monitoring and optimization of ecosystem services under agricultural production impacts based on the sociological and ecological systems concept» (2022-2024; state registration number № 0122U001217).

Key words: *Helianthus annuus* L., hybrids, elements of crop structure, yield, agrarian ecosystems, biological and genetic diversity, *Apis mellifera* L., bee colonies, insects, species, environmental factor, agricultural lands, Carpathian region, valuable economic features, Chernivtsi region.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці у виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних

Scopus:

1. **Herasymiuk, P.**, Zarochentseva, O., Zhuk, A., Moskalyk, H., Leheta, U., Fylypchuk, T., Sytnikova, I., & Fedoriak, M. (2025). The impact of insect pollination on seed and yield characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) linoleic hybrids in the Carpathian foothill zone of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(4), 131–140.

DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees15.417>

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, підготовка та опрацювання частини зібраних матеріалів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, участь у написанні тексту статті українською. Інші співавтори: Zarochentseva O. – участь у плануванні схеми експерименту, статистичний аналіз результатів дослідження, переклад статті на англійську мову. Zhuk A. – планування схеми експерименту. Moskalyk H. – збір літературних даних, участь у написанні тексту статті. Leheta U., Fylypchuk T. – участь у визначенні морфометричних показників. Sytnikova I. – збір літературних даних, участь у візуалізації графічних матеріалів. Fedoriak M. – формування концепції дослідження, загальна наукова інтерпретація результатів, фінальне редагування тексту статті англійською).

Наукові праці у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

2. Зароченцева, О. Д., Жук, А. В., Федоряк, М. М., Черлінка Л. В., Твердохліб М. В., Герасимюк П. В., & Черлінка В. Р. (2022). Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L. Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи), 14(1), 62–71. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, написання частини тексту статті. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – загальне керівництво дослідженням, координація польових робіт, участь у розробці схеми дослідження, редагування рукопису. Жук А.В. – розробка методики польових досліджень та схеми досліду. Федоряк М.М. – формулювання наукової проблеми, участь у розробці методики досліджень, контроль достовірності даних. Черлінка Л.В. – проведення лабораторного аналізу олійності, участь у статистичній обробці даних, написання частини тексту

статті, Твердохліб М.В. – участь у зборі первинних матеріалів у полі. Черлінка В.Р. – участь у статистичній обробці даних, оформлення графічних матеріалів і участь в літературному аналізі).

3. Зароченцева, О. Д., Черлінка, Л. В., Жук, А. В., Черлінка, В. Р., Герасимюк, П. В., & Федоряк, М. М. (2022). Вплив комахозапилення на насіннєві характеристики та врожайність гібридів соняшника. *Бджільництво України*, 1(9), 46–57. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, підготовка та опрацювання частини зібраних матеріалів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, написання розділу «Матеріали і методи». Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – загальне керівництво дослідженням, координація польових робіт, участь у розробці схеми дослідження, редагування рукопису. Черлінка Л.В. – участь в закладці дослідів, підготовка насіння та визначення морфо-метричних показників частини зібраних матеріалів, участь в статистичному аналізі даних. Жук А.В. – участь у розробці схеми дослідження, участь у написанні тексту статті. Черлінка В.Р. – участь у статистичній обробці даних, оформлення графічних матеріалів, участь в написанні тексту статті. Федоряк М.М. – формулювання наукової проблеми, загальна наукова консультація, перевірка інтерпретації).

4. Федоряк, М. М., Жук, А. В., Зароченцева, О. Д., Филипчук, Т. В., Ситнікова, І. О., Легета, У. В., Москалик, Г. Г., Герасимюк, П. В., Сосновський, К. С., & Шпак, Я. В. (2023). Алгоритм дослідження продуктивності гібридів соняшника за умов комахозапиленням. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 15(1), 52–63. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.01.052>

(Особистий внесок здобувача: польове тестування алгоритму на ділянках, аналіз параметрів продуктивності, збір літературних даних. Інші співавтори: Федоряк М.М. – постановка наукової задачі, загальне керівництво. Жук А.В. – розробка методологічної схеми алгоритму. Зароченцева О.Д.

– статистичні параметри та критерії порівнянь. Филипчук Т.В. – адаптація методики до умов польових досліджень та досліджуваної культури. Ситнікова І.О. – участь у формуванні структури і логічних модулів алгоритму. Легета У.В. – формування практичних рекомендацій. Москалик Г.Г. – оформлення структурної схеми алгоритму. Сосновський К.С. – збір довідкових та літературних даних, Шпак Я.В. – узагальнення інформації, перевірка розрахунків, написання тексту статті).

5. Федоряк, М. М., Шкробанець, О. О., Тимочко, Л. І., Жук, А. В., Филипчук, Т. В., Легета, У. В., Делі, О. Ф., **Герасимюк, П. В.**, Зароченцева, О. Д., Москалик, Г. Г., & Джос, В. В. (2024). Результати моніторингу втрат бджолиних колоній в Україні після зимівлі першого року війни (2021-2022). *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 16(3). 300–312. <https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.300>

(Особистий внесок здобувача: участь у залученні стейкхолдерів, опитування респондентів Хмельницької та Вінницької областей, обробка зібраних даних та внесення результатів їх опитування в базу даних. Інші співавтори: Федоряк М.М. – формування концепції дослідження, загальне керівництво, фінальне редагування статті. Шкробанець О.О. – завантаження анкет в базу Lime, статобробка первинних даних, оформлення графічних матеріалів, участь написанні тексту статті. Тимочко Л.І. – аналіз факторів ризику та узагальнення трендів. Жук А.В – виявлення просторово-часових закономірностей, редагування та верифікація висновків. Филипчук Т.В. – організація комунікації з пасічниками, збір анкетних даних. Легета У.В. – участь в опитуванні респондентів Чернівецької області. Делі О.Ф. – збір даних респондентів Одеської області. Зароченцева О.Д. – збір літературних даних. Москалик Г.Г. – збір літературних даних, участь у написанні статті, Джос В.В. – опитування респондентів Івано-Франківської області).

6. **Герасимюк, П. В.**, & Федоряк, М. М. (2025). Зміни показників продуктивності та біологічної урожайності гібридів *Helianthus annuus* L. за різних умов запилення. *Екологічні науки*, 5(62). 76–83. DOI

<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.13>

(Особистий внесок здобувача: виконання експериментальної частини, статистична обробка первинних даних, участь у написанні тексту статті. Інші співавтори: Федоряк М.М. – формування концепції дослідження, участь у написанні тексту статті, написання висновків).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Зароченцева, О. Д., & Герасимюк, П. В. (2024). Облік комах-запилювачів на посівах соняшника. У В. П. Коцур, Л. М. Воловик, А. В. Гузун, Н. М. Євтушенко, С. М. Кикоть, В. М. Носаченко, О. В. Руденко, А. А. Садиков, О. Б. Склярєнко, Ш. С. Халматова, & Н. Ф. Юхименко (Ред.), *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації* (с. 13–16) Університет Григорія Сковороди в Переяславі http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17808/1/Zb_nauk_prats_Pereiaslav_Vyp-91_2024_.pdf

(Особистий внесок здобувача: проведення польових спостережень і обліку комах-запилювачів, систематизація та аналіз отриманих результатів, підготовка тексту тез. Зароченцева О.Д. – формулювання мети дослідження, визначення методичних підходів до обліку запилювачів).

8. Герасимюк, П. В., Зароченцева, О. Д., & Федоряк, М. М. (2025). Перспективи поширення гібриду соняшнику Euralis Rosalia в умовах Чернівецької області. У Я. Коробейникова, О. Кондрат, С. Побігун, С. Король, В. Витвицький, Г. Грицуляк, & Т. Яцишин (Ред.). *Адаптація до глобальних змін та викликів в економіці, туризмі, рекреації та захисті довкілля* (с. 341–343). Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. <https://drive.google.com/file/d/1eEAitPAhuq0T04vSKkzk1nnLrFgq2pZ8/view>

(Особистий внесок здобувача: проведення польових досліджень, аналіз показників продуктивності соняшника, написання тексту тез. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – корекція методичних підходів до оцінки продуктивності гібриду, консультаційний супровід, фінальне редагування

тексту тез. Федоряк М.М. – наукове керівництво та підсумкова оцінка інтерпретації результатів).

9. Герасимюк, П., Зароченцева, О., & Лакуста, О. (2025). Вплив комах-запилювачів на урожайність гібридів *Helianthus annuus* L. в умовах передгір'я. У М. М. Федоряк (Ред.), *Соціоекосистеми в умовах війни та інших викликів* (с. 166–172). Видавництво Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

https://ecology.chnu.edu.ua/media/oulhfrcu/zbirnyk_materialiv_sotsioekosystemy_v_umovakh_viiny.pdf

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні польових досліджень, підготовка основного тексту тез. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – наукове консультування, перевірка коректності інтерпретації результатів, фінальне редагування тексту тез. Лакуста О. – статистична обробка експериментальних даних, участь у написанні тексту тез).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
 РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ЕКОНОМІЧНО-ГОСПОДАРСЬКА ЦІННІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ <i>H. ANNUUS</i> В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	28
1.1. Соняшник (<i>Helianthus annuus</i> L.) як стратегічна культура аграрного сектору.....	28
1.2. Агротехнічні підходи в системі вирощування соняшнику.....	38
1.3. Аналіз та детермінанти основних елементів структури урожаю <i>H. annuus</i>	54
 РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	66
2.1. Фізико-географічні та природно-кліматичні умови полігонів досліджень.....	66
2.2. Матеріали, схема та методологія досліджень.....	71
2.3. Характеристика досліджених гібридів <i>H. annuus</i>	84
2.4. Ботаніко-екологічні особливості <i>H. annuus</i>	86
 РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ФОНОВОГО КОМАХОЗАПИЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ <i>H. ANNUUS</i> ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ ЗАПИЛЮВАЧІВ У С. ФОРОСНА ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	92
 РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ФОНОВОГО КОМАХОЗАПИЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ <i>H. ANNUUS</i> L. ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ ЗАПИЛЮВАЧІВ У с. ХОРОСТКІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	118

**РОЗДІЛ 5. ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ
УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ *H. ANNUUS* ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ
ЗАПИЛЮВАЧІВ У с. СЛОБОДА-КОМАРІВЦІ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ
ОБЛАСТІ ПРИ КЕРОВАНОМУ БДЖОЛОЗАПИЛЕННІ.....139**

**РОЗДІЛ 6. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ
ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ,
ВИРОЩЕНИХ В РІЗНИХ ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ....165**

**РОЗДІЛ 7. ВПЛИВ ЗАПИЛЕННЯ КОМАХАМИ НА ЕКОНОМІЧНУ
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ.....182**

ВИСНОВКИ.....190

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....194

ДОДАТКИ.....231

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. *Helianthus annuus* L. – це ключова олійна культура світового значення (Hussain et al., 2025), а в Україні і стратегічно важливий експортоорієнтований (Чубарик та ін., 2024) та комерційний товар (Пелех, Онуфрійчук, 2025). За оцінками міжнародних експертів, наша країна у 2024 р. виробила майже 5,6 млн тонн насіння соняшнику, випередивши країни ЄС (3,38 млн т), Аргентину (1,65 млн т) і Туреччину (0,65), а за обсягами виробництва олії Україна займає 3-тє місце у світі (Костина, Дем'янчук, 2025). В довоєнний період за обсягами виробництва соняшника Україна посідала перше місце (так у 2021-2022 маркетинговому році обсяг виробництва соняшника становив 17,50 млн тонн, тоді як в країнах Європейського Союзу – сумарно лише 9,80 млн тонн; ТОП-10 країн виробників..., 2025). На території України у структурі посівних площ частка соняшнику в останні роки перевищує 20 відсотків (Пелех, Онуфрійчук, 2025).

Соняшник цінується за свою адаптивність (стійкість до посухи, холоду, спеки) та високий вміст олії, подекуди й білка (Abbasi et al., 2021). А, як відомо, корисність соняшникової олії, отриманої із сучасних високоолійних гібридів, селекція яких направлена на отримання високої частки олеїнової кислоти (75-80 %, подекуди і вище; Puraikalan, Scott, 2023), суттєво не поступається за якістю оливковій (більш дороговартісній) (Amarilla et al., 2025). Крім того, для отримання 1 т соняшникової олії потрібен 1 га орних земель, тоді як для інших жирів тваринного походження, наприклад, вершкового масла, необхідно виділити 6 га землі, щоб утримувати 6 корів з надоем 5 тис. л молока/рік, а також 23000 \$ капітальних витрат та понад 300 чол./годину робочого часу. При цьому, надмірне споживання тваринних жирів є основною причиною розвитку серцево-судинних захворювань (інфаркту та інсульту), які значно скорочують тривалість життя населення (Safiollin et al., 2020). Натомість, біологічно корисніша соняшникова високоолеїнова олія нормалізує метаболізм холестерину, позитивно впливаючи на здоров'я людини (Puraikalan, Scott, 2023).

Світова тенденція до збільшення площ посівів і зростання валових зборів соняшнику зумовлена економічними вигодами для агровиробників, постійно зростаючим попитом на рослинну олію та обсягами її споживання на душу населення (Костина, Дем'янюк, 2025). Передумовами ж високого виробництва соняшнику в Україні є значний потенціал родючості ґрунтів, нові високоадаптивні гібриди, використання інтенсивних технологій вирощування, стабільність попиту на насіння та його відносно висока ринкова ціна (Пелех, Онуфрійчук, 2025). І, вирощувана у різних агрокліматичних регіонах, культура демонструє прекрасний потенціал для отримання високої врожайності (Hussain et al., 2025). А, зважаючи на реалії сьогодення на території України, зокрема на зменшення с/г площ та погіршення їх якості й родючості у зв'язку з воєнними діями, відзначається релокація крупних господарств в західні регіони, де культуру вирощують на нових полях. Важливим викликом постало отримання максимальних показників продуктивності з відведеної посівної ділянки, подекуди у менш сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах (наприклад, в умовах передгірських чи гірських регіонів). Поширення останнім часом якісно нових гібридів *H. annuus* з високим потенціалом урожайності не завжди може гарантувати високий рівень їх продуктивності у виробничих умовах (Риженко та ін., 2020). Відповідно, постає питання комплексного урахування всіх можливих факторів впливу на показники урожайності *H. annuus* задля отримання найкращого розкриття генетичного закладеного потенціалу продуктивності культури (Ревтьо, Домарацький, 2021; Паламарчук, Підлубний, 2021; Vasytkovska et al., 2021). Дедалі більшої уваги, поряд з основними агротехнічними й селекційними заходами, привертає ефективне запилення.

Запилення виступає важливим фактором для зав'язування насінин, подальшого формування плодів і зрештою стає провідним вирішальним чинником підвищення продуктивності та урожайності сільськогосподарських ентомофільних культур, до яких належить близько 75 % видів культурних рослин у світі (Klein et al., 2007). Для *H. annuus* комахозапилення стає важливим

агротехнологічним прийомом вирощування (Федоряк та ін., 2023), оскільки відомо, що *H. annuus* – ентомофільна рослина, для формування насіння якої потрібні комахи-запилювачі, зокрема *Apis mellifera* L. (Eeraerts et al., 2024; Latif et al., 2019; Abbasi et al., 2021). Однак, на сьогодні з метою отримання бажаних «запрограмованих» показників та зважаючи на необхідність розширення ареалу подекуди в складних агрокліматичних умовах, селекціонерами виведено низку нових самофертильних сортів і гібридів, які, як передбачається, мають бути самосумісними та давати насіння без перехресного запилення комахами (Brewer et al., 2023). Здатність зав'язувати сім'янки навіть за дефіциту природних комах-запилювачів виступає гарантією стабільних урожаїв, незалежно від погодно-кліматичних умов вирощування *H. annuus* (Astiz et al., 2011). Проте, є фрагментарні дослідження, де повідомляється, що нові комерційні сорти і гібриди соняшнику, незалежно від рівня їх самофертильності, отримують користь від дозапилення бджолами, що сприяє покращенню зав'язування їх насіння, поліпшує показники структурних елементів урожаю, зменшує відсоток невиповнених сім'янок, підвищує урожайність загалом (Amarilla et al., 2025; Silva et al., 2018; Paiva et al., 2003; Bartual et al., 2018; Oz et al., 2009; DeGrandi-Hoffman, Chambers, 2006; Perrot et al., 2018, 2024; Кулинич, Соловйова, 2021; Андрієнко та ін., 2016; Шампро та ін., 2017; Лісогурська та ін., 2021; Балдик, 2016). Крім того, згідно розрахунків фахівців у даній галузі аграрії недоотримують 10-40 % урожаю товарного соняшнику, обумовленого недозапиленням, а фактично – більше 1,5 млн тонн товарної продукції на суму ~15 млрд. грн/рік (станом на 2017 р.). Тобто, щорічна недостача для аграріїв складає щонайменше від ~2,5 ц/га, що за цінами 2017 р. складало ~2500 грн з кожного гектару посівних площ соняшнику (Кудиненко, 2017), до 4 ц/га, що за цінами 2020 р. становило 4000 грн з кожного гектару посівних площ соняшнику (Бажик, 2020).

Поєднання високої екологічної пластичності гібридів та відповідних технологій їх вирощування, як з погляду урожайності та якості, так й ефективності культивування, є не лише важливим, а й складним завданням

(Риженко та ін., 2020). Адже майже неможливо охопити вивчення впливу комахозапилення на урожайність *H. annuus* усіх відомих на сьогодні сортів і гібридів, оскільки тільки в Україні їх зареєстровано майже 1000 (Пелех, Онуфрійчук, 2025) та ще й вирощених в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Відповідно, щоб зрозуміти, як комахи впливають на збільшення різних характеристик сучасних самофертильних сортів і гібридів *H. annuus* в тих чи інших агрокліматичних умовах, необхідно визначити потенційний внесок бджолозапилення в урожайність, щоб у подальшому отримувати максимальний потенційний прояв генетично закладених ознак і економічний прибуток.

Вітчизняні дослідження (Адамчук та ін., 2021; Лісогурська та ін., 2025; Кулинич, Соловйова, 2021; Лісогурська та ін., 2021; Шамро та ін., 2017; Андрієнко та ін., 2016) розкривають окремі аспекти бджолозапилення сільськогосподарських культур, втім методологічні підходи щодо оцінки продуктивності сучасних гібридів *H. annuus* за різних умов доступу комах-запилювачів носить фрагментарний характер. Особливої уваги потребує дослідження гібридів закордонної селекції, адже реалії впровадження їх у національне агровиробництво, зазвичай, стикаються із непередбачуваними факторами, які обумовлюють суттєве недоотримання урожаю. Таким чином, тема дослідження є актуальною з огляду на необхідність розробки інноваційних рішень для оптимізації сільськогосподарських технологій в умовах сучасних кліматичних і виробничих викликів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертація виконана згідно тематики науково-дослідної роботи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича 51.000 «Аналіз впливу комах-запилювачів на врожайність перехреснозапильних культур» на демонстраційних полях, підпорядкованих агрохолдингу «Континентал Фармерз Груп» в агрокліматичних умовах Західної України.

Тема дослідження відповідає науковій тематиці кафедри, а саме: кафедральної теми «Оцінка екосистемних послуг і асоційованих факторів

ризик у на градієнтах ландшафтних умов у цілях сталого розвитку» (2021-2025; номер державної реєстрації № 0121U105597), держбюджетної теми (51.803) «Моніторинг і оптимізація екосистемних послуг в умовах агровиробничих впливів на засадах концепції соціоекологічної системи» (2022-2024; номер державної реєстрації № 0122U001217).

Наукові дослідження за темою дисертаційної роботи частково виконано також в межах Міжнародного проєкту «RestPoll: Відновлення середовищ існування запилювачів у європейських агроландшафтах на основі мульти-партисипативного підходу / Restoring Pollinator habitats across European agricultural landscapes based on multi-actor participatory approaches» за рамковою угодою ЄС «Horizon Europe», який реалізується Чернівецьким національним університетом і безпосередньо кафедрою екології та біомоніторингу (2023-2027; Наказ ЧНУ №429 від 20.11.2023 р.)

Мета і завдання дослідження. Оцінити вплив комахозапилення на елементи структури урожаю сучасних гібридів *Helianthus annuus* L., культивованих у різних ґрунтово-кліматичних умовах Західного регіону України.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних **завдань**:

1. проаналізувати та удосконалити алгоритм дослідження кількісних і якісних показників продуктивності соняшнику за різних умов доступу запилювачів, виокремивши найбільш інформативні з них;
2. провести визначення та аналіз показників продуктивності 20-ти досліджених гібридів *H. annuus* і встановити вплив різних умов запилення;
3. дослідити виповненість сім'янок у кошику соняшника за умов ізоляції та комахозапилення (з урахуванням зонування диску кошика);
4. здійснити теоретичні розрахунки біологічної урожайності, розглянувши її зміни з огляду на потенціал урожайності та умови експерименту;
5. оцінити відвідування посівів *H. annuus* комахами-запилювачами та визначити їх видове різноманіття;
6. провести порівняльний аналіз показників продуктивності та

урожайності гібридів соняшнику з урахуванням впливу комахозапилення на основі результатів, отриманих в різних ґрунтово-кліматичних умовах;

7. сформувані науково обґрунтовані практичні рекомендації щодо агротехнічних прийомів оптимізації схеми розміщення посівів і забезпечення ефективного запилення соняшнику, на підставі отриманих даних та статистично підтвердженого позитивного впливу комахозапилення на структурні елементи урожаю соняшнику;

8. визначити економічну ефективність, зокрема рентабельність застосування комахозапилення соняшнику в умовах проведеного експерименту.

Об'єкт дослідження – формування елементів структури урожаю *H. annuus* L. за різних умов вирощування та доступу комах-запилювачів.

Предмет дослідження – вплив комахозапилення на елементи структури урожаю *H. annuus* L.: маса та кількість сім'янок, олійність, виповненість сім'янок, натура, лущинність, урожайність.

Методи дослідження: Вирішення поставлених завдань здійснювали за допомогою: загальнонаукових методів дослідження (гіпотези, індукції, дедукції, синтезу, аналізу, моделювання, порівняння, систематизації);

➤ спеціальних польових методів – для забезпечення схеми експерименту щодо різних умов доступу комах-запилювачів в період цвітіння кошиків соняшнику; збір матеріалу; спостереження – для визначення видового різноманіття та кількості комах-запилювачів на посівах соняшнику;

➤ спеціальних лабораторних методів – для визначення якісних та кількісних показників насіння соняшнику; ваговий – для визначення загальної маси сім'янок у кошику та маси 1000 сім'янок; візуальний – для оцінки виповненості сім'янок; екстрагування – для визначення олійності;

➤ для узагальнення експериментальних даних: розрахунковий – для оцінки біологічної продуктивності, для порівняння значень, отриманих за різних умов доступу запилювачів та з потенціалами показників (вказаними виробниками), визначення впливу комахозапилення на економічну ефективність вирощування соняшника; аналітичний – для

підтвердження/спростування позитивного впливу комахозапилення на покращення показників продуктивності та урожайності *H. annuus* в різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування; статистичний – для визначення достовірності отриманих результатів; регресійний – для визначення взаємозв'язку між залежними змінними та пояснювальними факторами з подальшим прогнозуванням урожайності та економічної ефективності комахозапилення за різних сценаріїв моделювання; синтез – для обґрунтування висновків та рекомендацій для агровиробників щодо розташування масивів окремих гібридів *H. annuus* на виробничих полях із урахуванням індивідуальних потреб у присутності комах-запилювачів для отримання високих врожаїв.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше показано вплив комахозапилення на елементи структури урожаю 20 сучасних гібридів *H. annuus* виробництва 6 провідних компаній: «Syngenta», «Euralis», «Pioneer», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT Semences», вирощених в різних фізико-географічних умовах Західного регіону України. Доведений позитивний вплив комахозапилення на показники продуктивності та урожайності більшості досліджених гібридів *H. annuus*. Сформовано науково обґрунтовані практичні рекомендації щодо агротехнічних прийомів оптимізації схеми розміщення посівів і забезпечення ефективного запилення соняшнику.

Удосконалено методичні підходи та алгоритм дослідження щодо оцінки впливу комахозапилення на елементи структури врожаю *H. annuus*; обґрунтовано доцільність окремого визначення показників загальної кількості, маси та виповненості сім'янок з трьох умовних зон кошика, тоді як показники маси 1000 сім'янок, натуру та олійність рекомендовано визначати у змішаній пробі, сформованій з одного кошика; показано ефективність вимірювання олійності з необрушеного насіння, що не вимагає додаткової підготовки зразків до аналізу та значних часових витрат. Запропоновані підходи забезпечують формування репрезентативної статистичної вибірки показників

і дозволяють зменшити тривалість опрацювання значного обсягу матеріалу.

Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо доцільності застосування керованого бджолозапилення для підвищення продуктивності сучасних гібридів *H. annuus*; обґрунтування диференційованого підходу до просторового розміщення гібридів *H. annuus* на виробничих полях з урахуванням ступеня їхньої залежності від комахозапилення. За результатами досліджень гібриди класифіковано за рівнем чутливості показників урожайності та якості насіння до наявності запилювачів, що дозволяє оптимізувати схеми розміщення посівів і використання мобільних пасік з метою забезпечення високої продуктивності культури в умовах виробництва.

Практичне значення результатів дослідження.

Розроблений і апробований алгоритм дослідження впливу комахозапилення на урожайність гібридів соняшнику може бути використаний аграріями та науковцями. На основі визначення економічної ефективності, зокрема рентабельності доведено перспективність використання такого агротехнічного прийому як кероване бджолозапилення при вирощуванні сучасних високопродуктивних гібридів *H. annuus*. Розроблено рекомендації для агровиробників щодо розташування масивів окремих гібридів *H. annuus* на виробничих полях із урахуванням ступеня їх чутливості і присутності комах-запилювачів для отримання високих врожаїв у відповідних ґрунтово-кліматичних умовах.

Отримані результати економічної ефективності, зокрема рентабельності бджолозапилення можуть бути використані як основа для подальшого економетричного моделювання та прогнозування за різних схем вирощування соняшнику з урахуванням генетичного потенціалу гібридів та агроекологічних умов вирощування *H. annuus*.

Результати дисертаційної роботи використовуються під час викладання навчальних дисциплін для студентів спеціальності «Екологія» ОПП «Екологія».

Впроваджено у виробництво. Практичне значення результатів дослідження

підтверджено актами впровадження у виробництво вирощування *H. annuus*. Результати досліджень використано на демонстраційних полях «Контінентал Фармерз Груп» для раціонального підбору гібридів *H. annuus* з урахуванням схеми їх просторового розміщення на посівах та для оптимізації ефективності запилення.

Особистий внесок здобувача. Дисертантом спільно з науковою керівницею розроблено напрям і основну концепцію досліджень. Особисто опрацьовано вітчизняну та зарубіжну літературу за темою дисертації. Взято участь у проведенні експериментів, здійсненні польових обліків і спостережень, відборі та аналізі зразків кошиків соняшнику із сім'янками, обґрунтуванні результатів, статистичній обробці даних, формулюванні висновків, апробації та впровадженні отриманих результатів, підготовці публікацій за результатами дослідження. Частка участі у наукових працях, опублікованих у співавторстві, складає 10-50 %, і включає участь у проведенні експериментальних досліджень, опрацюванні та інтерпретації отриманих результатів.

Апробація матеріалів дисертації. Результати наукового дослідження представлено на: Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції (м. Переяслав, 31 січня 2024 р.), IV Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів і молодих вчених (м. Івано-Франківськ, 8-9 травня 2025 р.), Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 150-річчю ЧНУ ім. Ю. Федьковича (Чернівці, 3-4 вересня 2025 р.).

Публікації. Основні наукові результати дослідження висвітлено у 7 наукових публікаціях, зокрема: 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, 3 публікації у співавторстві – у наукових фахових періодичних виданнях України; 3 матеріали доповідей міжнародних та всеукраїнської науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 248 сторінках комп'ютерного тексту, у т. ч. основний текст – на 155 сторінках, та містить анотацію, вступ, сім розділів, висновки, список використаних джерел, додатки.

Робота містить 20 таблиць, 51 рисунок. Список використаних джерел налічує 294 найменувань, з яких 116 – латиницею.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ЕКОНОМІЧНО-ГОСПОДАРСЬКА ЦІННІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ *H. ANNUUS* В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) як стратегічна культура аграрного сектору

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) – це ключова олійна культура світового значення (Hussain et al., 2025), а в Україні і стратегічно важливий економічний товар, адже формує значну частку валютних надходжень держави (Федорук та ін., 2025); є цінною харчовою культурою (Пелех, Онуфрійчук, 2025), яка має високий вміст олії, подекуди й білка (Abbasi et al., 2021), а також кормовою, технічною і медоносною культурою (Козак, Розпутній, 2024); надає низку екосистемних послуг (наприклад, підгодівля бджіл, фіторемедіація ґрунту...; Debaeke et al., 2021); а його вирощування та переробка створюють тисячі робочих місць, позитивно впливаючи на рівень зайнятості населення і т. д.

Традиційно сформувалося, що Україна є аграрною країною, і, перш за все, це обумовлено сприятливими природно-кліматичними умовами та високою родючістю чорноземних ґрунтів (Власенко, 2023). Відповідно в національній економіці аграрний сектор займає провідне місце, де у довоєнний період частка сільського господарства у валовому внутрішньому продукті (ВВП) України була максимальною серед усіх секторів економіки і складала >10 %, а зайнятість населення – 14 % (на кінець 2021 р.) (для порівняння: частка агросектору в країнах ЄС складає лише ~1,4 % ВВП, а зайнятість населення в даній галузі – ~4 %; Кондрат, 2025). Втім, у зв'язку з воєнними подіями, у 2022 р. сталося різке падіння аграрного виробництва (на ~28%; інфраструктура зазнала негативного впливу, окупована частина територій, скоротилися посівні площі). Відповідно, зменшилася частка агросектору у ВВП (до ~8 %). Але в наступні роки, галузь продемонструвала певну стійкість, адаптуючись до воєнних умов, та почала відновлюватися. І завдяки

сприятливим погодно-кліматичним умовам, державній підтримці та кон'юнктурі ринку відмічено рекордні врожаї; так частка с/г у ВВП України на кінець 2025 р. знову досягла десятої частини, а за даними торгово-промислової палати України навіть і більше – $\sim 13,7\%$ (Розміри фермерських..., 2025; Торгово-промислова палата..., 2025). Крім того, у структурі АПК України аграрно-харчовий сектор, зокрема експорт продовольства, займає найбільшу частку загального експорту України (направлений на 92 зовнішні ринки; Пелех, Онуфрійчук, 2025): і якщо в довоєнний період експорт склав $\sim 41\%$ в рік, то в останні роки – 59% (забезпечуючи при цьому прибуток на суму \$27,8 млрд. та \$24,5 млрд. відповідно; Кондрат, 2025). Не зважаючи на триваючу війну та блокування портів, Україна залишається одним із провідних експортерів агропродукції у світі. Так, у 2025-2026 маркетинговому році країна забезпечила 36% світового експорту соняшникової олії (Україна забезпечує..., 2025).

У світі соняшник є однією з найзатребуваніших сільськогосподарських культур і однією з 4-х головних олійних культур глобального значення (поряд із соєю та ріпаком; Панфілова, Кураченко, 2025), яку вирощують в 60-ти країнах світу, що вказує на високий ступінь екологічної пластичності цієї культури (Ткачук, Бондарук, 2023). За останні роки спостерігається тенденція до поступового зростання світових площ під соняшником. Так за період 2000-2022 рр. показник збільшився в 1,4 рази, а в Європі (переважно в Угорщині, Франції, Чехії) та в Україні – у 1,8 рази. В цілому за минуле 100-тя посівні площі цієї культури зросли з 12,4 млн. гектарів до 29,0 млн. гектарів (Панфілова, Кураченко, 2025).

Більше ніж удвічі зросли й обсяги виробництва соняшнику у світі (з 26,6 у 2000 р. до 54,3 млн тонн у 2022 р.); в європейських країнах за аналогічний період обсяги виробництва соняшнику зросли втричі. Важлива роль у цьому належить Україні, адже близько $\frac{1}{4}$ загальних світових площ під соняшником до війни було зосереджено в Україні, і $\sim \frac{1}{3}$ від загального виробництва соняшнику також належала українському ринку ($\sim 13,0$ - $28,7\%$ – у світовому

виробництві; ~26-39 % в Європейському виробництві залежно від маркетингового року) (Сидякіна, Подрезов, 2024). Крім того, не дивлячись на падіння чи підвищення в Україні рівнів урожаю соняшнику, показники все ж значно вищі за аналогічні європейські і світові (рис. 1.1).

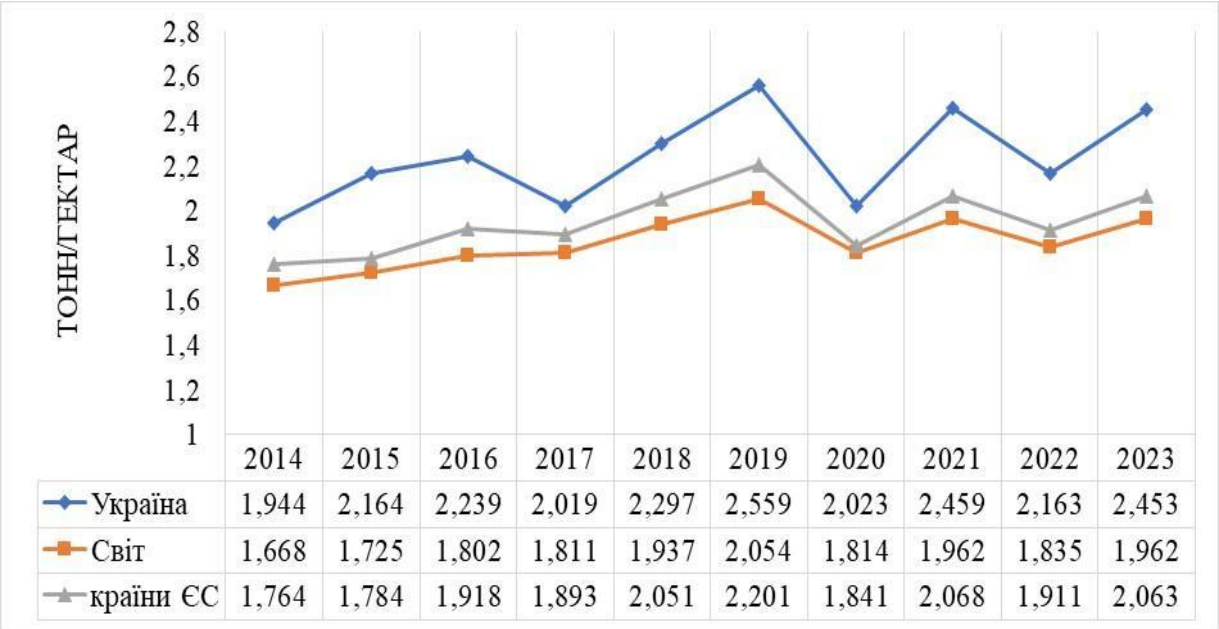


Рис. 1.1. Динаміка середньої урожайності соняшнику у світі, країнах Європи та в Україні за десятирічний період (2014-2023 рр.), тонн/гектар

Примітка: складено автором на основі офіційних даних FAOSTAT, 2025

Так, згідно інформації фахівців-аналітиків, соняшник посідає провідне місце у структурі експорту сільськогосподарської продукції в Україні, (наприклад, у 2023 р. обсяги експорту соняшникової олії та насіння соняшнику склали 5,6 та 0,79 млн. тонн відповідно, а грошовий прибуток становив 5,0 млрд. дол. та 0,2777 млрд. дол. відповідно. Тобто, сукупний експортний дохід від продукції соняшника склав ~5,3 млрд. дол., обійшовши вартість таких провідних експортованих товарів як зерно кукурудзи, соєва олія та соєве насіння. Це все вказує на ключову роль соняшнику і продуктів його переробки у вітчизняному експортному потенціалі та позитивному впливі на економіку країни (Чубарик та ін., 2024).

Станом на 2025 р. посівні площі соняшника в Україні становили >5 млн гектарів (Державна служба статистики України..., 2025); за останнє 20-чя

даний показник зріс в 3 рази, а валовий збір – в 10 раз (Пелех, Онуфрійчук, 2025). Згідно ДССУ найбільше посівних площ під соняшником було зареєстровано у 2021 р. – 6,5 млн гектарів, а починаючи з 2023 р., їх кількість навіть перевищила площі, відведені під озиму пшеницю (рис. 1.2).

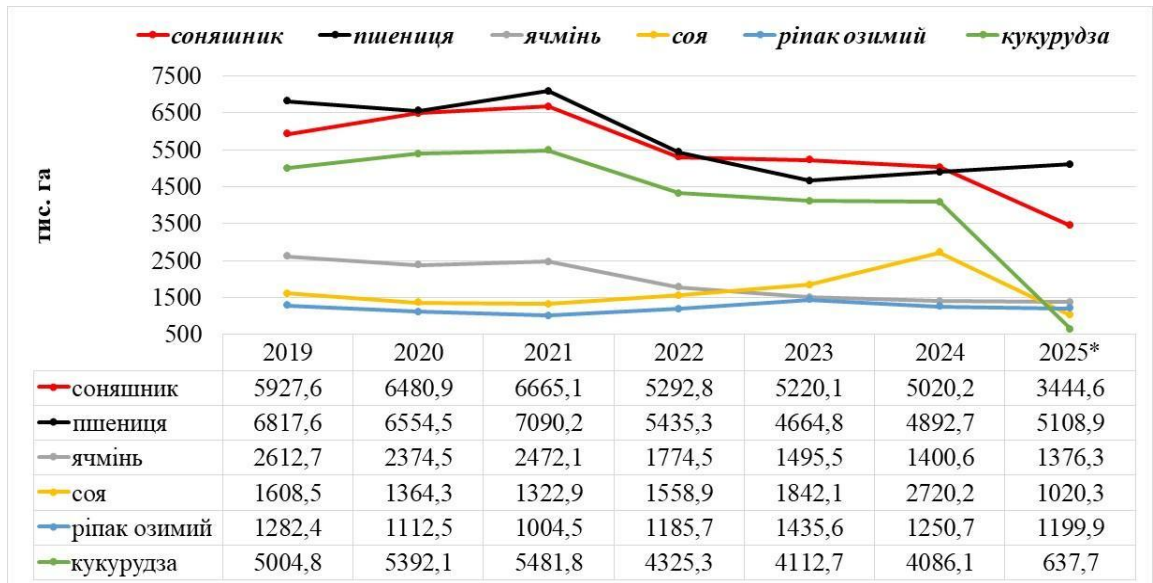


Рис. 1.2. Динаміка зібраних площ соняшника в розрізі основних сільськогосподарських культур в Україні за період 2019-2025 рр. (складено автором на основі офіційних даних ДССУ)

Примітка: * - дані подано станом на 01.10.2025 р.

Серед олійних культур соняшник займає найбільші посівні площі – ~55 %, щоправда, у довоєнний період даний показник був >70 % (Банєв, 2025; Пелех, Онуфрійчук, 2025; Сидякіна, Подрезов, 2024). Втім, всупереч складнощам, обумовленим російською агресією, Україна була і залишається лідером у світі з-поміж основних країн-виробників соняшнику. Так, наприклад, в 2012-2013 маркетинговому році виробництво цієї культури становило з 9,02 млн тон, у 2021/2022 – зросло майже вдвічі і досягло 17,5 млн тон (Пелех, Онуфрійчук, 2025). Крім того, згідно світового рейтингу топ-10 країн-виробників соняшнику за 2021-2022 маркетинговий рік, Україна з обсягами виробництва 17,50 млн тонн, посіла перше місце, в той час як в інших провідних світових країнах-виробників зібрано в рази менше, наприклад, в Аргентині – 3,35 млн тонн, а в країнах Європейського Союзу – сумарно лише

9,80 млн тонн (ТОП-10 країн виробників..., 2025; Пелех, Онуфрійчук, 2024). При цьому посівна площа соняшнику (станом на 2021 р.) в Україні становила 6,5 млн га, а в Аргентині – 1,96 млн га. Крім того, в Україні залишається найвищий відсоток соняшнику у структурі посівних площ – ~22 %; для порівняння в Аргентині – ~6 % (Ткачук, Бондарук, 2023; Пелех, Онуфрійчук, 2025).

В розрізі регіонів більшість основних посівів соняшника зосереджені у південно-центральных областях України. Так, згідно відомостей ДССУ найбільше посівних площ соняшника в Дніпропетровській області 709,1 тис. га, Кіровоградській – 648,9 тис. га, Миколаївській – 486,1 тис. га, Харківській – 482,7 тис. га, у Одеській – 428,54 тис. га (дані подано за 2024 р.; (Державна служба статистики..., 2025)). У зв'язку з воєнними подіями, відмічається релокація крупних підприємств і господарств в західні, північні і центральні регіони (Пелех, Онуфрійчук, 2025) і частіше доводиться говорити про зміну географії посівів даної культури, але не про зменшення її частки в структурі основних с/г культур. Остання ще тривалий час залишатиметься високою у структурі с/г підприємств (Каламбет, 2025).

Не лише зростає частка соняшнику в структурі олійних культур, але й кількість та різноманітність його сортів та гібридів. Так, в 2025 році в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні налічується близько тисячі сортів і гібридів соняшнику. Таку кількість селекційних досягнень на ринку України представляють 60 іноземних і 45 вітчизняних заявників. Іноземним компаніям із 18 країн світу належить 68 % соняшнику на ринку України (~650 од.). Найбільша кількість сортів соняшнику належить заявникам Франції (~300 од). Слід відмітити, що у Реєстрі в 2025 р. соняшнику національної селекції нараховувалося ~300 од., що від загальної кількості соняшник становить $\frac{1}{3}$ частину (або ~30 %) (Державний реєстр..., 2025).

В Україні до ТОП-10 підприємств-виробників насіння соняшнику увійшли: ТОВ «Черлис» (2243.73 га), ТОВ «Торгова компанія ВНІС» (864 га), ТОВ «ЄВросем» (655,34 га), ТОВ «Нертус Агро» (655 га), ТОВ АФ

«Українське насіння» (626 га), ТОВ «АГРОЛІДЕР.ЮА» (513 га), ТОВ «МАС СІДС УКРАЇНА» (492,1 га), ТОВ «Сингента» (487 га), ТОВ НВК «Палітра-Агро» (454 га), ТОВ «СВІТОВИТ АГРО» (425 га) (Григоренко, 2025). Найчастіше зустрічаються ранньо- та середньостиглі гібриди селекції таких компаній-виробників як Syngenta, Limagrain, DuPont та Pioneer та ін. (Пелех, Онуфрійчук, 2025).

Загалом у структурі соняшникових посівів в Україні ~90 % становлять зарубіжні гібриди. Переважання гібридів іноземної селекції обумовлено кращими характеристиками насіння (з більшим вмістом олії – на 15-20 %), вищою стійкістю до захворювань та ліпшими показниками потенційного урожаю (на 20-30 % більше за районовані сорти) (Пелех, Онуфрійчук, 2025). Саме завдяки такій різноманітності і доступності сортів та гібридів можна підібрати для тих чи інших ґрунтово-кліматичних умов відповідний тип рослин. Адже соняшник є досить толерантною рослиною, яка легко адаптується до посухи, холоду, спеки. Культуру можна вирощувати в широкому діапазоні вологості ґрунту (El-Biall et al., 2022; Saudy et al., 2023) та атмосферних температурних умов (Saudy et al., 2021). Вирощувана у різних агрокліматичних регіонах, культура демонструє прекрасний потенціал для отримання високої урожайності (Hussain et al., 2025).

Станом на 01 жовтня 2025 року в Україні зібрано 6636,4 тис. тонн соняшнику із загальної посівної площі країни 3444,6 тис. гектарів, а показник урожайності в середньому становив 19,3 ц/га (ДССУ..., 2025). Найвищу урожайність отримано в західних, північних та центральних областях (зокрема, в Хмельницькій області середній рівень урожаю склав 32,3 ц/га; у Чернівецькій – 31,6 ц/га, у Тернопільській – 31,1 ц/га, у Волинській – 31,0 ц/га). В останні роки на фоні збільшення посівних площ агропідприємствами різних організаційно-правових форм спостерігається зменшення вкладу у загальне виробництво продукції рослинництва приватних домогосподарств (Власенко, 2023). Так, наприкінці 2025 р. основну частку обсягу виробництва соняшнику (90 %) зібрано агропідприємствами, що в сукупності становило 5939,9 тис. тонн (площа – 2980,2

тис. га, середня урожайність – 19,9 ц/га). Решта 10 % від загального обсягу зібрано господарствами населення, де в сукупності обсяг виробництва склав 696,5 тис. тонн (площа – 464,4 тис. га, середня урожайність – 15,0 ц/га).

На сьогодні вирощуванням соняшнику в Україні займаються великі агрохолдинги, середні та дрібні компанії, а також приватні фермери (Драган, Зубченко, 2023). Тут варто згадати, що саме ж формування структури українських підприємств, що вирощують соняшник, почалося ще на початку 90-х років минулого століття шляхом розвитку корпоративної системи в АПК на базі колишніх колгоспів та радгоспів, під впливом процесів приватизації, розпаювання, роздержавлення на селі.

Нині кількість малих і середніх підприємств в АПК різко скоротилася, втім посівні площі в країні зростають, що обумовлено збільшенням площ великих землекористувань, зокрема поглиненням агрохолдингами – форма корпоративних крупних формувань, де їх сутність у сільському господарстві полягає у групуванні володільцями землі, майна, грошового капіталу з метою підвищення конкурентоспроможності й ефективності діяльності. Основними перевагами агрохолдингів є: диверсифікація виробництва; створення технологічного ланцюга (від виробництва первинної продукції, її переробки, реалізації та збуту кінцевої продукції споживачам); використання нових технологій, які фінансово не можуть дозволити собі інші підприємства; можливість акумулювати фінансові потоки з подальшими ефективними мінімальними транзакційними витратами; усунення посередників; створення монополії над ринком; оптимізація оподаткування тощо. Агрохолдинги з'явилися в результаті глобалізації і в Україні функціонують переважно з використанням іноземного капіталу (Власенко, 2023).

На території країни зареєстровано більше 24,5 тис. компаній-виробників соняшників, що займають в сукупності площу 17 391 072 га (Виробники соняшнику..., 2025). Підприємства, що володіють земельним банком >100 тис. гектарів зараховуються до агрохолдингів. Так, перша ТОП-10 агрохолдингів України виглядає наступним чином (Глібко, 2024): 1) Kernel – земельний банк

510 тис. га; 2) UkrLandFarming – 475 тис. га; 3) Миронівський хлібопродукт (МХП) – 370 тис. га; 4) Національна академія аграрних наук України – 362,6 тис. га; 5) Агропросперіс – 300 тис. га; 6) Астарта-Київ – 243 тис. га.; 7) Континентал Фармерз Груп – 195 тис. га; 8) Epicentr Agro – 160 тис. га; 9) «Аграрні системні технології» – 150 тис. га; 10) HarvEast – 127 тис. га.

Попри труднощі, обумовлені війною в Україні, завдяки адаптації бізнес-моделей агропромисловий комплекс проявив відносно високу стійкість. Адже саме агрохолдинги формують ціни на продукти харчування та ВВП країни, є основними експортерами с/г продукції на зовнішні ринки, створюють тисячі робочих місць, впроваджують інноваційні підходи у веденні сільського господарства та органічного землеробства (Драган, Зубченко, 2023; Степасюк, 2022).

Для українського агробізнесу соняшник є високорентабельною, високоліквідною та стратегічно важливою культурою (наприклад, у 2023 році рентабельність виробництва насіння соняшнику склала 82,1 %, а у 2025-2026 маркетинговому році для деяких українських аграріїв і понад соняшник став 100 % (Рентабельність високоолеїнового..., 2025). Ставши лідером за прибутковістю серед с/г культур, соняшник обійшов інші основні культури: пшеницю, кукурудзу, сою, ріпак. Згідно з аналізом, проведеним Всеукраїнським конгресом фермерів, соняшник продемонстрував найвищий показник EBITDA, який застосовується для оцінки фінансової ефективності, що підтверджує його лідерство (Соняшник залишається ..., 2025). Цьому сприяли не лише ґрунтово-погодні умови, стабільний (подекуди зростаючий) попит як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринку, висока експортна ціна збуту (370-575; Ціна на соняшник..., 2025), відповідно і висока рентабельність, а також використання сучасних високоврожайних гібридів, їх швидка біологічна адаптація, ведення інноваційних агротехнічних заходів з правильним розрахованим і своєчасним внесенням мінеральних добрив, і особливо ріст досвіду спеціалістів у даній галузі (Каламбет, 2025; Пелех, Онуфрійчук, 2024; 2025). Саме за дотримання згаданих підходів прибуток досягає 1000 доларів із гектара. І найкращі результати наразі відмічено у

західному регіоні України (Соняшник став..., 2025). Як результат, спостерігається зростання урожайності соняшнику (виняток – перші роки російсько-української війни).

Цінність соняшника полягає і в тому, що порівняно з іншими олійними культурами, він забезпечує найвищий вихід олії з одиниці площі: в середньому по Україні – 750 кг/га (Пелех, Онуфрійчук, 2025). За різними джерелами олія соняшника займає 90-98 % від загального виробництва олії в Україні (Pichura et al., 2023), з яких більша половина (~57 %) експортується на світовий ринок (Пелех, Онуфрійчук, 2025).

В світовому масштабі соняшникова олія посідає 4-те місце за обсягами виробництва після пальмової, соєвої та ріпакової олій, але саме для неї зафіксовано найбільший відносний приріст (+41,9%) серед інших поширених рослинних олій. Це вказує на зростання важливості соняшнику як олійної культури у світовому аграрному секторі. Україна є лідером у світі з експорту соняшникової олії, забезпечуючи в середньому ~1/3 світового ринку. Всупереч кризовим явищам, починаючи з 2022 р., відсоток експорту української соняшникової олії в глобальному масштабі залишається відносно стабільним (наприклад, у 2014 р. даний показник становив 26,8 %, а в 2024 р. – 28,2 %). При цьому, саме виробництво соняшникової олії в Україні фактично зросло на 49,4 %: з 4,19 млн тонн у 2014 р. до 6,26 млн тонн у 2024 р. Така ж позитивна динаміка стосується і загальних обсягів виробництва, адже, попри повномасштабне вторгнення у 2022 р. цей показник підвищився з 1,94 тонн/гектар у 2014 р. до 2,45 тонн/гектар у 2023 р., тобто зріс на +26,2 % (Панфілова, Кураченко, 2025).

Зростаюча популярність соняшникової олії обумовлена її високими харчовими властивостями, якими поступається тільки оливковій (Пелех, Онуфрійчук, 2025). Втім, останнім часом відмічено зростання сортів соняшнику з високим вмістом олеїнової кислоти (Amarilla, et al., 2025). Така соняшникова олія (з високим вмістом олеїнової кислоти) за якістю суттєво не поступається оливковій, але за вартістю – в рази нижча. Крім того, олія

соняшника має високий вміст вітамінів (особливо вітаміну Е), стеаринів, фосфатів та ін. Біологічно найкорисніша лінолева кислота (у нових гібридах її вміст досягає 75-80 %), яка нормалізує холестериновий обмін, що позитивно впливає на здоров'я людини. Практичне значення олії з високим вмістом олеїнової кислоти полягає і в її підвищеній окислювальній стійкості (Puraikalan, Scott, 2023). Саме ж насіння соняшнику містить також велику кількість білка, харчових волокон, вітамінів та мінералів. Крім того, це насіння містить фітохімічні речовини, такі як холін, бетаїн, лігнан, токофероли, фенольні кислоти та аргінін. Завдяки своїм антиоксидантним властивостям воно може запобігати багатьом захворюванням, таким як гіперхолестеринемія, артеріальна гіпертензія, ожиріння та рак (Puraikalan, Scott, 2023). Крім харчового спрямування, олія використовується у фармацевтичній, хімічній і косметичній промисловості та виробництві біодизеля.

Загалом господарсько-цінне значення соняшнику полягає в тому, що культура має багатоцільове використання (Чубарик та ін., 2024). Адже соняшник – це рослина, усі частини якої мають низку застосувань, починаючи від коренів (рециклінг нутрієнтів та органічних речовин з ґрунту), стебел (використання в якості кормового ресурсу для тварин великої рогатої худоби, свиней і птиці), листя (разом зі стеблами може використовуватися для виготовлення органічного добрива), квітів (отримання меду) та закінчуючи насінням, зокрема, виробництвом олії (Puraikalan, Scott, 2023). Соняшник – цінний медонос. Медопродуктивність з 1 га соняшнику становить 47-75 кг (Пелех, Онufrійчук, 2025).

Повідомляється і про енергетичне використання соняшнику, адже майже всі частини рослини можуть мати енергетичну цінність: макуху можна використовувати як тверде паливо чи для виробництва біогазу (вихід з 1 тонни сухої речовини може сягати до 550 м³); стебла і солома підходять для виготовлення брикетів/пелетів; високою теплотворною здатністю (до 18 МДж/кг) володіє і лушпиння (лузга); олія може слугувати сировиною для біодизелю (через переестерифікацію), при цьому з 1 тонни насіння можна

отримати 400-450 л біодизелю (перевагами останнього є: високе цетанове число, низька концентрація сірки, висока біорозкладність (до 90 %); недоліками – сезонна конкуренція з харчовим використанням та висока собівартість). Біогазові установки на соняшнику можуть працювати при аграрних підприємствах, де його вирощують, створюючи таким чином енергетичну автономію (Банєв, 2025).

Нині виробництво соняшнику перебуває під впливом глобальної конкуренції та воєнних ризиків. Обмеження логістики, руйнування інфраструктури, зростання вартості ресурсів і страхових витрат значно ускладнюють стабільність виробництва та експорту (Федорук та ін., 2025). Водночас відмічено і перевищення науково-обґрунтованих норм посівних площ цієї культури на території України (Пелех, Онуфрійчук, 2024; 2025).

Таким чином, *Helianthus annuus* L. – це топова сільськогосподарська культура для України, оскільки продукція соняшника є однією з найбільших експортних товарів, має високий попит як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринку, виробництво створює робочі місця в усіх регіонах країни, а для аграріїв культура є високорентабельною і стабільно займає лідерські позиції за показниками прибутковості, часто обходячи інші основні культури в Україні. Втім, на сьогодні актуальним залишається завдання підвищення продуктивності соняшнику без збільшення посівних площ, а за рахунок підбору інноваційних органічних агротехнічних підходів, гібридного складу з певними господарсько-цінними ознаками, адаптованого до відповідних ґрунтово-кліматичних умов вирощування та застосування науково обґрунтованої ефективної системи удобрення, зокрема із застосуванням біологічних препаратів.

1.2. Агротехнічні підходи в системі вирощування соняшнику

На процес формування урожайності *H. annuus* значним чином впливають генотип, навколишнє середовище та їхня взаємодія (Vician et al.,

2022; Mrdja et al., 2012), які виступають важливими і вирішальними факторами, що можуть прискорити чи відтермінувати ті чи інші фенологічні фази, або сприяти, затримати чи інгібувати ріст і розвиток рослин тощо, впливаючи таким чином на кінцеві кількісні і якісні показники продуктивності соняшника (Pendergrass et al., 2017; Awais et al., 2018). Крім того, для аграріїв повсякчас важливим питанням постає можливість зниження виробничих економічних витрат з одночасним підвищенням прибутковості (Jug et al., 2025). З метою мінімізації несприятливої дії ґрунтово-кліматичних умов та бажанням отримати високу урожайність, враховуючи досвід, практику і дослідження науковців (Meena et al., 2025; Jug et al., 2025; Liović et al., 2017; Кривулько, 2025; Кохан та ін., 2016; Мельник, 2018; Коковіхін та ін., 2016; Ткачук, Бондарук, 2023; Піньковський, Мащенко, 2019) це можливо досягти, використовуючи сучасні генетичні інструменти та правильно підібрані агротехнічні прийоми при культивуванні *H. annuus*.

В Україні найчастіше використовують такі способи наросування обсягів виробництва соняшнику: екстенсивний, тобто розширення посівних площ, та інтенсивний, що передбачає застосування інноваційних «зелених» технологій вирощування, щоправда з додатковими витратами (Ткачук, Бондарук, 2023). Згадані способи мають як переваги, так і екологічні недоліки. Наприклад, інтенсивні гібриди надзвичайно вимогливі до якісного обробітку ґрунту та посиленого мінерального удобрення і гербіцидного захисту. Натомість, при їх вирощуванні за «зеленою» технологією спостерігається зниження урожайності (Григорів, 2021).

Агротехнічні технології передбачають урахування таких основних етапів: передпосівна обробка ґрунту (в т. ч. осіння оранка, передпосівна культивування); вибір насіння відповідного сорту і гібриду та його обробка; посів (в т. ч. урахування норм висіву, глибини загортання, ширини міжрядь, густоти посіву тощо); догляд (в т. ч. механічний контроль бур'янів, внесення добрив, хімічний захист рослин, позакореневе підживлення спеціальними препаратами, застосування регуляторів росту тощо); десикація; збір урожаю.

В Україні технології культивування соняшнику передбачають обробіток ґрунту за класичним чи інтенсивним підходом, а також такі сучасні мінімальні системи обробітку ґрунту як нульовий обробіток (No-Till), безвідваловий обробіток (no-mouldboard tillage), смуговий обробіток (Strip-Till) або мілкий обробіток (Mini-till) (Ткачук, Бондарук, 2023). Останні поєднують переваги різних підходів для підвищення врожайності та збереження ресурсів, зосереджуючись на правильному підборі попередників, точному внесенні добрив, використанні гербіцидостійких гібридів та ефективному захисті від шкідників і хвороб (Jug et al., 2025).

Класична (традиційна) технологія обробітку ґрунту передбачає глибоку оранку (до 20-22 см, якщо легкі ґрунти або до 27-30 см, якщо важкі ґрунти), передпосівну культивуацію, сівбу з міжряддями 70 см, посів з дотриманням оптимальної густоти, а також використання механічної та хімічної боротьби з бур'янами за допомогою традиційних ґрунтових та страхових гербіцидів. Така система дозволяє суттєво зменшити кількість і масу бур'янів у посівах (Minhas et al., 2023; Kotwica et al., 2024), але вона негативно впливає на вміст органічної речовини в ґрунті (Breza-Boruta et al., 2021; Woźniak, Rachóń, 2020) і відзначається високими енергоспоживанням, трудомісткістю та витратністю обробітку ґрунту (Риженко та ін., 2020; Białczyk et al., 2008).

Традиційний (класичний) обробіток ґрунту допускається замінити безвідвальним обробітком. Останній передбачає глибоке рихлення поверхні (до 30-35 см) знаряддями чизельного типу, що дозволяє краще здійснювати аерацію ґрунту, акумулювати вологу в осінньо-зимовий період та руйнує плужну підшову. Втім, Shebanin V. з колегами у своїх дослідженнях показали, що традиційний обробіток ґрунту забезпечує найкращі умови для росту та розвитку соняшнику, натомість, наприклад, за безорного обробітку відзначаються найнижчі показники за деякими насіннєвими ознаками (Shebanin et al., 2024).

Для отримання максимальних показників врожайності соняшника аграрії найчастіше використовують інтенсивну технологію. Остання націлена на

застосування комплексного підходу з поєднанням грамотного підбору попередників, використанням цілого набору препаратів та систем захисту від бур'янів, хвороб, шкідників (в т. ч. протруйники, інсектициди, фунгіциди, синтетичні та природні регулятори росту тощо); посиленням внесенням різних видів макро- та мікродобрих (зокрема, мінеральних фосфорно-калійних добрив), висаджуванням високопродуктивних гібридів, зазвичай спеціальних (стійких до конкретних гербіцидів, наприклад, до гербіциду «Granstar»). Перевагами даної технології, перш за все, є висока урожайність, навіть за несприятливих погодних умов, менший ризик ерозії ґрунту, ефективна боротьба із забур'яненістю, особливо на засмічених полях. До того ж, повідомляється про поширення нових шкідливих інвазійних видів, які перетворюються на злісні бур'яни та завдають значної шкоди агроєкосистемам (Tynkevich et al., 2025). Недоліками інтенсивної системи вирощування соняшнику є порівняно вищі економічні витрати на насіння та гербіциди, а також обмеження щодо сівозмін, що обумовлено застосуванням певних видів гербіцидів.

На сьогодні популяризується використання обробітку с/г культур прямим посівом за так званою технологією нульового обробітку ґрунту (без обробітку) більш відома як No-Till (zero tillage technology), яка спрямована на залишенні рослинних решток на поверхні ґрунту, які, як передбачається, захищатимуть від ерозії та краще зберігатимуть вологу. Також даний напрям дозволяє зменшити витрати палива та скоротити кількість шкідливих речовин (зокрема парникових газів) у довкіллі. Так, за підрахунками деяких дослідників відмова від оранки дозволяє суттєво зменшити витрати на паливні ресурси (Nobile et al., 2020), приблизно на 20 дм³ витрат дизельного палива на 1 га (Białczyk et al., 2008). За даної технології посів здійснюється за допомогою сівалки, оснащеної дисковими сошниками, які дозволяють зрізати поверхню ґрунту для розміщення в ній посіяного насіння. Розпушування ґрунту в цій системі неглибоке і охоплює <25 % поверхні поля (Verhulst et al., 2010).

За смугового обробітку ґрунту (Strip-till, Strip-tillage) передбачається обробка лише трансекти, де буде висіватися культура. Водночас з обробітком

ґрунту дозволяється підживлення рослин шляхом внесення добрива (азотовмісних навесні, калій- і фосфоровмісних восени) та гербіцидів, забезпечуючи рослинам живлення з мінімальними втратами (Brant et al., 2017). У даній технології за один прохід можливо обробляти ґрунт, вносити добрива та висівати насіння; це можна досягти поєднуючи агрегат із сівалкою (особливо виправдано при насадженні культур з низькою щільністю посіву, вирощених у широких міжряддях, насіння яких висівається сівалками точного висіву; Jaskulska, Jaskulski, 2020).

Останніми роками пропагується ресурсозберігаюча (в деяких джерелах можна зустріти природоохоронна, консерваційна) технологія обробітку ґрунту (Conservation Soil Tillage – CST) (Jug et al., 2025). Найпоширеніше визначення, яке застосовується у світі та ЄС, описується як система обробітку ґрунту націлена на зменшення інтенсивності і частоти його обробітку, скорочення або й повну ліквідацію оранки, де після всіх операцій обробітку ґрунту та посіву наступної культури ґрунтова поверхня має бути вкрита рослинними рештками щонайменше на 30 % (Reicosky et al., 2015; Khursheed et al., 2019). Останнє дозволяє збільшити інфільтрацію води в ґрунтовий шар, зменшити випаровування та підвищити захист поверхні ґрунту від сонячної радіації. При використанні CST біомаса решток проміжних культур виступає важливим елементом для мульчування поверхні ґрунту. Вона позитивно впливає на активність ґрунтових ферментів та вміст мінерального азоту й інших доступних макроелементів в орному шарі (Wilczewski et al., 2021). Пріоритетними цілями даної технології є відновлення та захист ґрунту від ерозії, утримання сприятливої вологості ґрунту, збереження його фізико-хімічних властивостей, мінімізація процесів ерозії, стимулювання біологічної активності, накопичення органічної речовини (Jug et al., 2025; 2021; Sobko et al., 2024), таким чином забезпечуючи родючість ґрунту та стійкість до додаткової деградації і кліматичних змін (Janmohammadi, Sabaghnia, 2023).

В. Пічура з колегами (Pichura et al., 2023) вказують на важливість оптимізації технологій обробітку ґрунту, зокрема мінімальних, особливо в

південних регіонах України. І дослідження V. Shebanin та ін. (Shebanin et al., 2024) підтвердили, що безорний обробіток є найефективнішим у збереженні вологи ґрунту на півдні України, де, наприклад, безвідваловий обробіток ґрунту (no-mouldboard tillage) ґрунту забезпечив найвищі значення маси 1000 насінин, діаметр кошика та урожайність соняшника; натомість традиційне вирощування забезпечило найкращі результати за вмістом олеїнової кислоти та сирого жиру в насінні. Згідно з результатами полтавських вчених (Писаренко та ін., 2019), в чорноземній агрокліматичній зоні України мінімальний обробіток ґрунту запобігає утворенню плужної підшви, де коренева маса рослини просто зрізається, а не видаляється та не виноситься на поверхню, зберігаючи мікроканали, створені корінням рослин і дощовими черв'яками, сприяючи вертикальній аерації ґрунту (Sobko et al., 2025).

У довгостроковій перспективі ресурсозберігаючі технології (що передбачають скорочення/ліквідацію оранки), в порівнянні з традиційними системами обробітку ґрунту (заснованими на оранці), дозволять покращити його структуру ґрунту, посилити процеси катіонного обміну, накопичити вміст органічної речовини, покращити доступність поживних речовин та вологостійкість. Це в сукупності сприятиме отриманню високих урожаїв без внесення мінеральних речовин та хімічних засобів захисту, мінімізуючи таким чином негативний вплив на навколишнє природне середовище (Jug et al., 2025), що загалом відповідає сталій та екологічно орієнтованій системі вирощування соняшника (Shebanin et al., 2024).

Втім, на практиці та в деяких наукових дослідженнях (Orzech, 2011; Andruszczak, 2017; Shebanin et al., 2024) показано, що технології з мінімальними (спрощеними) системами обробітку ґрунту відзначаються часто зниженням урожайності, погіршенням умов вирощування, підвищенням забур'яненості чи появою нових небажаних видів рослин.

Як бачимо з досліджень вчених, є деякі розбіжності в отриманих результатах щодо поліпшення/погіршення якісних чи кількісних показників урожайності соняшника, вирощуваного за різних ґрунтових та кліматичних

умов. Але вибір мінімального безоранкового обробітку є беззаперечно перспективним, особливо за умов недостатньої кількості атмосферних опадів (Sobko et al., 2025).

Зважаючи на те, що в Україні кожного року реєструється десятки, іноді й сотні нових гібридів соняшнику, то важливим питанням постає правильний вибір як самого біотипу гібриду, так і підбір агротехнологічних прийомів його вирощування (Каламбет, 2025; Shebanin et al., 2024; Vician et al., 2022). Адже, незважаючи на однотипність ґрунтово-кліматичних умов та технології вирощування, відмінності між урожайністю гібридів можуть сягати ~20 % (Ткаченко та ін., 2024).

Виходячи з цього, фахівці керуються різними технологіями вирощування *H. annuus*, зокрема, класичною або ж спеціалізованими під певний гербіцид: під Євролайтнінг, під Гранстар, Clear Field та Clearfield Plus, Sumo (Express Sun) та ін. Згадані технології мають як переваги, так і недоліки. Відповідно потрібно враховувати ще низку інших факторів: технологію обробітку ґрунту, генетичний потенціал продуктивності гібриду, придатність до механізованого збирання, стійкість до низьких і високих температур, посухи, перезволоження, захворювань, шкідників тощо (Ткачук, Бондарук, 2023).

Майже половина посівних площ *H. annuus* на території України культивується за класичною технологією, яка передбачає використання традиційних ґрунтових та вузькоспеціалізованих страхових гербіцидів, з метою уникнення поширення дводольних бур'янів (Гербіцидний захисту..., 2022). Наразі дані гібриди соняшнику характеризуються кращою стійкістю, надійністю та стабільністю у непередбачуваних несприятливих умовах навколишнього природного середовища, на фоні високої урожайності та стійкості до вовчку. Вони не мають початкової толерантності до специфічних гербіцидів та є оптимальними для вирощування на полях з низьким рівнем забур'яненості. Мінусами таких гібридів є лімітуючий вибір страхового гербіциду, не мають початкової толерантності до специфічних гербіцидів (наприклад, імідазолінової чи сульфонілсечовини групи) (Vician et al., 2022).

За посушливих умов ґрунтові гербіциди не завжди ефективні, а за надмірних опадів – вимиваються. Не рекомендовано ці гібриди вирощувати і за технології обробітку ґрунту No-till, що обумовлено недієвістю ґрунтових гербіцидів (Ткачук, Бондарук, 2023).

Іншу частину посівних площ займають спеціалізовані технології під певний гербіцид, які набули поширення в зонах ризикованого землеробства, зокрема, в південних і східних регіонах нашої країни. У великих агрохолдингових сільськогосподарських компаніях соняшник вирощується на великих площах без міжрядного обробітку. У цьому випадку найкращі результати досягаються завдяки використанню гербіциду, спеціально призначеного для конкретного гібриду. Така система боротьби з бур'янами називається Clearfield (Safiollin, et al., 2020). Остання характеризується стійкістю до імідазолінонових гербіцидів, призначених для післясходового контролю бур'янів (Vician et al., 2022); дає змогу контролювати одно- і дводольні бур'яни, в т. ч. вовчок, падалицю класичного і Sumo-соняшнику. Мінусами даної технології є післядія гербіцидів в сівозміні на наступні культури та недобір урожаю, зокрема, без використання ґрунтових гербіцидів; високий відсоток падалиці, що веде до значних втрат насіння при збиранні, особливо відчутно за дощової осені (Ткачук, Бондарук, 2023).

Технологія Sumo (Express Sun) ґрунтується на використанні сульфогібридів, тобто гібридів, стійких до сульфоніл-сечовини або трибенуронметилу (Velasco et al., 2015). Перевагами цієї технології є низька вартість обробки гербіцидами; широкий спектр дії препаратів на дводольні бур'яни та паразитичного бур'яну *Orobanchе cumanа*, що є проблемою районів з низькою кількістю опадів (Petcu and Ciontu, 2014); контроль падалиці класичного соняшнику та зменшення післядії на наступні культури в сівозміні. Мінуси технології обумовлені зниженням генетичного потенціалу таких гібридів в порівнянні з класичними; нечутливістю гербіцидів на основі сульфонілсечовини до однодольних бур'янів; зниженням урожайності до 10-30 %, зокрема, без застосування ґрунтових гербіцидів (Ткачук, Бондарук, 2023).

Варто удосконалювати елементи даної технології вирощування соняшнику, зокрема звернути увагу на схеми застосування гербіцидів групи сульфонілсечовин, адже в умовах північного Степу (м. Запоріжжя) було показано, що обробка гербіцидом Голд Стар нормами внесення 50 г/га та 35 г/га призвела до суттєвих втрат врожайності насіння соняшнику та зниження вмісту олії в сім'янках (Гутянський та ін., 2024).

Технологія «Під Євролайтінг» передбачає використання насіння, стійкого до гербіцидів з діючою речовиною імазетапіру та імазамоксу. Ця технологія дозволяє знищувати усі основні однорічні та багаторічні бур'яни, в тому числі вовчок; малозатратна, оскільки потребує одноразового внесення пестициду; передбачає додатковий догляд за рослинами, включаючи внесення добрив та захист від хвороб і шкідників.

Технологія вирощування посівів соняшнику «Під Гранстар» передбачає застосування гербіциду, де основною діючою речовиною є трибенуронметил, націлений на боротьбу з дводольними бур'янами, особливо широколистяними. Недоліками є те, що дана технологія потребує посиленого догляду за соняшником, і передбачає додаткове внесення мінеральних добрив та хімічний захист із шкідниками і хворобами. Перевагами даної технології є можливість контролювати бур'яни вже після сходів, відсутність післядії, що дозволяє в подальшому сіяти різні культури, а також відносно низька вартість.

Варто згадати і про поділ гібридів соняшнику на типи, в основу класифікації якої покладено напрям їх використання та вміст жирних кислот. Згідно останнього виділяють: олійні, високоолеїнові та кондитерські. Для перших характерним є підвищений вміст жирів; сім'янка дрібна або середнього розміру. Для других характерним є високий відсоток (~80 %) олеїнової кислоти (тоді як у олійних гібридів її вміст сягає ~20-30 %); невеликі за розмірами сім'янки. Треті характеризуються підвищеним вмістом білка та крупними сім'янками (Багай, Лихочвор, 2022).

Також у кожній зоні вирощування доцільно враховувати тривалість вегетаційного періоду культивованих гібридів соняшнику (Багай, Лихочвор,

2022). Так, за даним параметром рослини поділяють на скоростиглі (80-90 днів), ранньостиглі (100 днів), середньостиглі (до 110 днів).

Відомо, що соняшник найкраще росте і розвивається на чорноземних та каштанових ґрунтах, натомість лужні, сильно заболочені піщані, суглинкові та важкі глинисті ґрунти з високим вмістом вапна є не сприятливими для його вирощування. Водночас доведено, що *H. annuus* належить до групи рослин із позитивною реакцією на мінеральні добрива, правильне і своєчасне застосування яких підвищує урожайність до 5 ц/га. Ефективність внесення мінеральних добрив обумовлюється також способами їх внесення, доступністю нутрієнтів, типом гібриду, погодними, ґрунтово-кліматичними умовами та ін. (Губенко, 2020). В залежності від перелічених факторів на формування однієї тони насіння і відповідної кількості побічної продукції соняшнику потрібно близько 40-50 кг азоту, 25-30 кг фосфору, 100-150 кг калію, 14 кг кальцію та 12 кг магнію (Ткачук, Бондарук, 2023). Згідно (Пелех, Онофрійчук, 2024) соняшник найбільш ефективно поглинає сполуки рухомого фосфору та обмінного калію, а для формування 2,0-2,5 т/га врожаю, культура виносить з ґрунту 60-140 кг/га азоту, 30-65 кг/га фосфору та >300 кг/га калію. За (Губенко, 2020) для отримання 3 тонн насіння соняшнику потрібно вносити макроеленти (N – 45-90 кг, P – 45-90 кг, K – 45-90 кг), мезоеlementи (Ca – 80 кг, Mg – 80 кг, S – 18 кг), мікроелементи (B – 400 г, Mn – 250 г, Zn – 250 г, Cu – 150 г).

У науковій літературі зустрічаються різні рекомендації щодо доз та комбінацій добрив для підвищення показників урожайності. Так, у дослідженнях Пінковського Г. В. та Мащенко Ю. В. найвищу врожайність насіння отримано за внесення азотних мінеральних добрив у поєднанні з фосфорними та калійними у співвідношенні N40P40K40 (Пінковський, Мащенко, 2019). Для умов Лісостепу рекомендованими оптимальними дозами добрив згідно (Губенко, 2020) є N₆₀P₆₀₋₉₀K₄₀₋₆₀. Тоцький В. М. з колегами (Тоцький та ін., 2024), на основі власних проведених досліджень, рекомендують в умовах Лівобережного Лісостепу України вносити N32P32K32 з додатковим позакореневим підживленням рослин у фазі 5-6 пар

листіків (карбамідом з розрахунку 10 кг/га у фізичній вазі). Крім того автори виявили, що краща олійність насіння спостерігалася у випадку внесення амофосу (N12P52). Іншими науковцями для цієї ж агрокліматичної зони було виявлено, що максимальну урожайність гібридів високоолеїнового соняшнику отримано за внесення добрив у дозі N94P48K48, а найвищу олійність насіння – із внесенням N80P80K80 (Hanhur, 2021). Незважаючи на те, що азот є важливим елементом, проте його надлишок в ґрунті суттєво не впливає на ріст урожайності насіння, а лише збільшує вегетативну частину та підвищує вміст білку в насінні (Gamayunova, Kudrina, 2020), подекуди навіть знижує вміст олії в сім'янках (Hanhur, 2021). Лябах С. зазначає, що в умовах Центрального Полісся України (на дерново-підзолистому піщаному ґрунті) найвищу врожайність отримано у випадку внесення фосфорно-калійних добрив з додатковим підживленням сечовиною у дозі P5K55+N46 (Liabah, 2022). У роботі (Кириченко та ін., 2023) показано, що в умовах східної частини лісостепу України найвищу урожайність гібридів соняшнику кондитерського типу і масу 1000 насінин отримано за внесення добрив дозою N45P45K45.

У мінеральному живленні *H. annuus* умовно виділяють 3 основні періоди: перший – від появи сходів до утворення кошика (відбувається помірне засвоєння сполук нітрогену і калію, посилене – фосфору); другий – від фази формування кошика до фази настання цвітіння (відбувається посилене засвоєння всіх нутрієнтів); третій – від настання фази квітування до початку наливання сім'янок і їх досягання (відбувається помірне засвоєння сполук нітрогену і фосфору, посилено – калію) (Губенко, 2020).

Загалом основне удобрення, яке найбільше впливає на урожайність соняшника, – це азотні, фосфорні і калійні добрива, з яких перші найкраще вносити навесні під культивуацію, а другі і треті – під оранку (Garbar et al., 2021). Наприклад, розміщення легкодоступних сполук фосфору в зоні росту коренів рослин на початкових фазах онтогенезу сприяють формуванню високої урожайності культури (Каламбет, 2025). Поширеними мінеральними добривами, які часто застосовують при удобренні *H. annuus*, є: нітроамофоска

($N_{16}P_{16}K_{16}$), діамофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$), амофоска ($N_{12}P_{52}$), суперфосфат (P_{14-32}), калій хлористий (K60), сульфоамофоска ($N_{20}P_{20}S_{16}$) тощо (Пелех, Онофрійчук, 2024).

Припосівне (рядкове) внесення мінеральних добрив також сприяє отриманню високих результатів, зокрема, під час сівби (особливо на збіднених ґрунтах з низьким вмістом рухомих елементів живлення; Сало, Гайчєня, 2023). Найкраще сприяє підвищенню урожайності соняшнику внесення повноцінних комплексних мінеральних добрив у розрахунку 50-100 кг/га (наприклад, нітроамофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$, нітрофоска $N_{13}P_{13}K_{13}$), обумовлюючи зростання показників на 2-3 ц/га (Пелех, Онофрійчук, 2024).

Позитивно впливає на біометричні показники рослин і внесення мікродобрив, які доцільно вносити у фазі 6-10 листків або в період бутонізації, комбінуючи з фунгіцидами чи інсектицидами (Баган та ін., 2024). Особливу роль відіграють: Бор (покращує запилення, виповненість насіння та кошиків), Молібден (активізує засвоєння азоту), Магній (стимулює фотосинтез), Манган (покращує діяльність ферментів, бере участь в обміні азоту, процесах синтезу білків та фотосинтезу) (Баган та ін., 2024), Сульфур (сприяє кращому засвоєнню рослинами азоту, підвищує олійність і урожайність), Цинк (сприяє формуванню міцного стебла) (Hussain et al., 2025) та ін.

Важливим етапом удосконалення вирощування соняшника є застосування інтегрованих систем удобрення (тобто, поєднання органічних і мінеральних добрив як у макро-, так і в мікрокількостях), регуляторів росту та біологічних препаратів і засобів захисту рослин, що дозволяє зменшити залежність від хімічних засобів і препаратів (Федорук та ін., 2025). До них належать: азотфіксуючі та фосформобілізуючі препарати, гумати, деструктори, антистресанти, мікоризоутворюючі та захисні засоби захисту (триходерма, псевдомонас та інші). Ці препарати сприяють кращому живленню рослин, їх активному росту і розвитку, переведенні елементів у доступну форму, відновленню рослин при дії несприятливих факторів навколишнього середовища (високих чи низьких температур, нестачі вологи, посухи), фітотоксичної дії пестицидів, пошкодження шкідниками та хворобами, а також покращенню

родючості ґрунту (Gamajunova et al., 2020; Гуска, 2020).

Обов'язковим агроприйомом є передпосівна обробка насіння будь-якими доступними протруйниками з додаванням хелатних стимуляторів росту, що містять мідь, рекомендовано за 20-25 днів до посіву (Safiollin, et al., 2020). Оптимальний строк сівби соняшнику та, особливо, високоолеїнових гібридів – температура на глибині загортання насіння досягає 10-12 °С. Сівба в цей строк дає можливість одержувати дружні сходи на 9-12 день (Губенко, 2020). Відстань між насінинами в рядку має бути 15-20 см, залежно від ширини рядків (20 см при ширині 45 та 15 см при ширині рядків 70 см). Оскільки антоди соняшнику протягом дня повертаються відносно напрямку сонця, а після цвітіння повертають на схід, то необхідно висівати насіння в напрямку «Південь – Північ», завдяки чому антоди не зачіпляються один за одного і зменшується потенційний ризик осипання дозрілих сім'янок (Safiollin, et al., 2020).

Умовою отримання високих показників урожайності соняшнику є дотримання рекомендованої густоти стояння рослин і відповідно рівномірного розміщення їх на посівній ділянці. Тому варто мати на увазі, що при регулюванні сівалки на норму висіву в реальних умовах польова схожість насіння, зазвичай, виявляється меншою (на ~20-25 %) за лабораторну. Крім того, 10 % рослин гине під час боронування по сходах. Відповідно в підсумку страхова надбавка до норми висіву становить 30-35 % (Губенко, 2020).

За умови застосування гербіцидів оптимальною глибиною загортання насінин для сортів *H. annuus* є 6-8 см, для гібридів – 4-6 см (враховуючи умови достатнього зволоження ґрунту). У випадку пересихання верхнього шару ґрунту, або за відсутності гербіцидної обробки, можна збільшити глибину загортання насінин до 7-8 см. Це дозволяє провести 1-2 досходових і стільки ж післясходових боронувань для знищення пізніх однодольних та дводольних та бур'янів (Губенко, 2020).

Важливим чинником за формування продуктивності соняшника є густота стояння рослини на одиниці площі (Каламбет, 2025; Кириченко та ін., 2023). На практиці перед збиранням густота рослин повинна бути для сортів

соняшнику 30-35 тис./га, для гібридів – 55-60 тис./га (Губенко, 2020). При цьому, оптимальна густота не є однаковою для різних гібридів (Нестерчук, 2015; Kalambet, 2025). Так, в умовах південного Степу рекомендованою є густота на рівні 30-35 тис/га, у північному Степу – 45-50 тис/га, у Лісостеповій зоні – 50-55 тис/га (Пелех, Онофрійчук, 2025). За даними досліджень, що проводилися в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено, що найбільша урожайність досліджуваних гібридів соняшника виявлена за густоти рослин 60 тис. рослин/га (Піньковський, Танчик, 2020), в деяких – за 90 тис./га (Борисенко та ін., 2020). В умовах Південного Степу України – максимальний рівень врожайності гібридів, що вивчалися, забезпечила густота стояння рослин 50 тис./га (Поляков та ін., 2022; Коковіхін та ін., 2015). Така ж густота стояння виявилася оптимальною і для гібридів, вирощених в умовах Полтавської області (Шокало, Свистун, 2023), для деяких гібридів – 40 тис./га (Гангур, Мотрич, 2023). В інших дослідженнях встановлено, що найвища урожайність соняшника в умовах Лівобережжя Лісостепової зони України відзначена за норми висіву 50 (Шокало, Свистун, 2023) і 60 тис. шт./га (Nanhur, 2021). Науковцями повідомляється, що за збільшення густоти рослин соняшника зменшується маса 1000 сім'янок (Шокало, Свистун, 2023), натомість зростає вміст олії (Nanhur, 2021; Борисенко, 2022). У роботі (Кириченко та ін., 2023) показано, що найвищу урожайність у гібридів соняшнику кондитерського типу і масу 1000 насінин отримано за густоти стояння 28,6 тис. росл./га та 20,4 тис. росл./га.

Технологія догляду за посівами соняшнику, у випадку суворого дотримання її алгоритму, зводяться до мінімуму і виконуються лише необхідні процедури. З метою знищення бур'янів за неможливості використання гербіцидів здійснюють боронування: через 3-4 дні після сівби і після формування 1-2 пар справжніх листків. Рекомендовано боронувати посіви після появи сходів вдень, коли молоді рослини стають не такими ламкими, що обумовлено зменшенням відносної вологості повітря. З метою запобігання руйнуванню ґрунтової структури та надмірному ущільненню ґрунту

боронування доцільно проводити широкозахватними агрегатами, не перевищуючи швидкість руху агрегата під час досходового боронування 6-7 км/год, а післясходового – 4 км/год. За потреби здійснюють міжрядне розпушення посівів *H. annuus*. Після завершення масового цвітіння соняшникових полів (орієнтовно через 40-45 діб, за вологості насіння 25-30 %; більша половина рослин має жовтий колір) посіви обробляють розчином десиканту. Після чого здійснюють процес збирання. Останній починають, коли рівень вологості становить 9-10 % (Губенко, 2020).

Коренева система *H. annuus* проникає на глибину до 3 м, сильно розгалужена, що дозволяє з верхніх шарів ґрунту рослині «витягувати» максимальну кількість води, сильно висушуючи при цьому ґрунт. Тому запас вологи в ґрунті після соняшника відновлюється через 2-3 роки. Відповідно доцільно дотримуватися сівозміни, звертаючи увагу і на попередні, і на наступні культури, не рекомендовано сіяти культури після рослин із глибокими коренями, що активно споживають вологу (наприклад, люцерни, цукрового буряка, суданської трави та ін.) або рослин, які уражаються тими ж хворобами, що й соняшник (наприклад, сої, гороху, квасолі, томатів та ріпаку). Найліпшими попередниками перед культивуванням *H. annuus* є зернові (озимі та ярі), картопля і зернобобові.

Доцільність сівозмін обумовлена і зниженням враження хворобами та шкідниками. Так, майже повністю зникає можливість ураження хворобами і шкідниками за умови розміщення культури на одній і тій же ділянці через 8-10 років. Якщо висаджувати соняшник раніше (наприклад, через 4-5 років) відзначається швидка поява вовчка, несправжньої борошнистої роси, білої і сірої гнилі і т. д., а також значне забур'янення поля. В сукупності дані чинники призводять до зниження якості і кількості насінневої урожайності соняшника. Недотримання сівозміни вплине на потребу у додатковому внесенні добрив та застосуванні пестицидів, обумовлюючи виснаження землі та агрохімічне навантаження на агроєкосистему (Ткачук, Бондарук, 2023).

Для зменшення негативного впливу процесу вирощування соняшника на

навколишнє природне середовище, впроваджуються новітні екологічно орієнтовані технології культивування *H. annuus*, які передбачають: використання високопродуктивних сортів та гібридів, стійких до захворювань і несприятливих умов; оптимальне внесення добрив, переважно органічних, з використанням біопрепаратів; позакореневе підживлення; сидерацію та повне повернення до ґрунту рослинних решток попередника; раціональний обробіток ґрунту; уведення в сівозміну багаторічних трав тощо (Ткаліч та ін., 2018).

Низкою науковців (Herasymiuk et al., 2025; Amarilla et al., 2025; Abbasi et al., 2021; Ali et al., 2015; Oz et al., 2009; DeGrandi-Hoffman, Chambers, 2006; Bartual et al., 2018; Paiva et al., 2003; Aslan, Yavuksuz, 2010; Padhy et al., 2024; Андрієнко та ін., 2016; Герасимюк та ін., 2025; Зароченцева та ін., 2022a,b; Зароченцева, Герасимюк, 2024; Кулинич, Соловйова, 2021; Сало, Данілова, 2022 та ін.) повідомляється про важливість комахозапилення соняшників, як про додатковий агротехнічний прийом, що дозволяє поліпшити показники якості і кількості урожаю, навіть не зважаючи на самозапильність вирощуваних гібридів. Адже, за своєю природою соняшник – це перехреснозапильна культура, пилок якої переносять із квітки на квітку комахи, в основному представники роду *Apis* (Abbasi et al., 2021). Своєчасне і правильне використання бджіл з метою ефективного запилення квіток соняшнику забезпечує прибавку урожаю на 2-5 ц/га (Сисоліна, Пономаренко, 2023). Замінити перехресне запилення квіток добривами, зрошенням або іншими засобами агротехніки неможливо. Виходячи з досліджень вітчизняних науковців та з досвіду зарубіжних країн, бджолозапилення повинно бути узаконеним агрономічним прийомом технології вирощування ентомофільних сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику (Кулинич, Соловйова, 2021). При цьому, зазвичай, рекомендовано для отримання більшого врожаю розміщувати по периметру поля мобільні пасіки з розрахунку 1-2 вулики на 1 га (Зароченцева та ін., 2022a).

Таким чином, *Helianthus annuus* – це культура з високим адаптивним потенціалом і за умов правильно підібраних інтегрованих агротехнічних

підходів (починаючи з вибору гібрида, схем посіву, живлення, захисту і закінчуючи збиранням урожаю насіння та його зберіганням), що враховують специфічні ґрунтово-кліматичні особливості регіону та потреби вирощуваного гібриду, можна одержати максимально потенційні показники урожайності з мінімальними енерго- і ресурсовкладеннями та економічними витратами (навіть за несприятливих погодно-кліматичних змін).

1.3. Аналіз та детермінанти основних елементів структури урожаю *H. annuus*

Урожайність сільськогосподарської культури є важливим показником її продуктивності (Chevuru et al., 2023). Характеристиками урожайності *H. annuus* є визначення ряду елементів структури його врожаю (Гарбар та ін., 2025), до яких належить вивчення параметрів фізичного та хімічного походження. Так, фізичні показники передбачають визначення крупності сім'янок, об'ємної маси (натури), лушпинності, панцирності та ін., хімічні – дослідження олійності насінин, вмісту протеїну у насінні та шроті, визначення співвідношення амінокислот, кислотного та йодного числа олії, вмісту олеїнової кислоти тощо (Домарацький та ін., 2020).

Більшість науковців вважають, що головними елементами структури урожайності соняшнику є загальна кількість та маса насіння з одного кошика, маса 1000 насінин, натура, діаметр кошика, олійність (Маркова, 2020; Гарбар та ін., 2025; Домарацький та ін., 2020; Коковіхін, Нестерчук, Носенко, 2015; Нестерчук, 2015). При цьому, розрахунок здійснюють з наступним перерахунком його до 100 % чистоти і стандартної (7 %) вологості насіння. За допомогою різних агротехнічних прийомів можна впливати на ці показники продуктивності рослин, змінюючи їх у бажаному напрямі (Гарбар та ін., 2025).

Основним фактором, що визначає подальші характеристики урожайності соняшнику, є показник загальної кількості сформованих насінин у кошику, які безпосередньо пов'язані з кількістю квітів. Олійні генотипи *H.*

anpius зазвичай мають від 600 до 1200 трубчатих квіток (іноді може сягати 3000), що залежить від генотипу та умов вирощування на ранніх етапах розвитку рослин до і під час бутонізації. Втім, для забезпечення високого рівня урожайності насіння, великої кількості квіток на одній рослині та високої конкурентної здатності в посіві недостатньо. Для цього в рівній мірі необхідно, щоб квіти мали максимальне запліднення, а потім з них сформувалося насіння. Результати низки досліджень свідчать, що для максимального запилення трубчастих квіток доцільно використовувати бджіл. Так, згідно праці (Amarilla et al., 2025) виявлено, що ізоляція доступу запилювачів до квітів самоплідних гібридів соняшника зменшувало зав'язування насіння на 20 %. Натомість, якісне бджолозапилення збільшує загальне запилення трубчатих квіток до 70-80 %, значно покращуючи при цьому структурні показники урожайності в середньому на ~40,7 % (Андрієнко та ін., 2016), або ж на 35 % (Шамро та ін., 2017) та підвищує загальну кількість сім'янок на 3,5-10,9 % (Padhy et al., 2024). Про схожі тенденції позитивного впливу біотичного запилення комахами на більшу кількість утворення насіння та його біометричні ознаки у комерційних сортах соняшнику, які є гібридами з різним рівнем самосумісності, зазначається також і в працях (Amarilla et al., 2025; Greenleaf, Kremen, 2006; Bartual et al., 2018; Torretta, Poggio, 2013; Susic, Farina, 2016; Кулинич, Соловйова, 2021; Chamer et al., 2015).

Загальна маса насінин є показником, що безпосередньо свідчить про високу/низьку урожайність. Очевидно, що низька урожайність соняшнику буде у випадку зниження маси сім'янок (зменшується в 1,5-2 рази), яке може обумовлюватися значним ураженням рослин хворобами, дефіцитом водного балансу, засухою, нестачею мікро- та макроелементів (дисбалансу нутрієнтів) тощо (Клименко, 2015). Позитивним агротехнічним прийомом, що сприятливо впливає на поліпшення показників загальної маси насіння є використання бджолозапилення. Так, у експериментах (Amarilla et al., 2025) доведено, що за відсутності комах-відвідувачів маса насіння у кошику зменшувалася на 12,3 % (Amarilla et al., 2025). А при самозапиленні культури соняшника насіння

зав'язується дрібне, менш виповнене, воно повільно проростає і має недружні сходи (Кулинич, Соловійова, 2021). Експерименти проведені ізольованням комахозапилення гібридних соняшників довели, що бджолозапилення значно сприяє зростанню загальної ваги насіння – до 91 % (Silva et al., 2018).

Одним з ключових якісних елементів структури урожайності соняшнику є маса 1000 насінин (Багай, Лихочвор, 2022), яка характеризує запас поживних речовин у насінні, його виповненість та крупність (Клименко, 2015; Седнецький, 2018; Кудріна, 2021). Даний параметр є генетично детермінованою ознакою, але норма реакції цього показника може суттєво варіювати (в середньому від 40 г до 80 г; Домарацький та ін., 2020), на що можуть впливати низка чинників, зокрема: ґрунтово-кліматичні умови, сорт і тип гібриду, ураження хворобами та шкідниками, агротехнічні прийоми, в т. ч. і системи удобрення, позакореневе підживлення тощо (Гарбар та ін., 2025; Поташова, Каленський, 2024; Гадзало та ін., 2025; Kour et al. 2020; М'ялковський, Любицька, 2025). Тому й нормативами (наприклад, ДСТУ 7011:2009 «Соняшник. Технічні умови») не вказується фіксоване число, втім виробники зазначають їх потенціал. Так, у сучасних гібридів *H. annuus* маса 1000 сім'янок здебільшого варіює у межах 50-60 г, тоді як раніше селективні сорти ВНДЮК формували крупне ядро, де маса 1000 насінин становила 80-100 г (Борисенко, 2022). Насіння соняшнику, хоча й стало дрібніше, однак більш олійне і менш лушпинне (Михайлов та ін., 2020). Відмітимо й те, що у Держстандарті масу 1000 сім'янок називають домінуючим фактором крупності.

У дослідженнях (Іващенко, 2021) повідомляється про суттєвий вплив на показник маси 1000 насінин прийомів агротехніки та погодних умов, зокрема, у період дозрівання. Автори зазначають, що за умов спекотної погоди з дефіцитом опадів у період дозрівання зафіксовано зниження даної ознаки (на ± 10 %). Суттєво знижується показник і при збільшенні норми висіву (Іващенко, 2021) чи зміни строку сівби (Скидан, Скидан, 2014). Наприклад, при збільшенні норми висіву з 50 до 70 тис./га на варіантах широкорядного способу посіву з міжряддям 70 см маса 1000 насінин зменшилася на 3 %; за

тих же умов з міжряддями 60 см – на 2 %, а з міжряддями 45 см – на 1,5 % (Іващенко, 2021). У випадку пізнього строку сівби спостерігається зменшення маси 1000 насінин, а відмінність між показниками, отриманими за ранньої та пізньої сівби може сягати до 15 % (Скидан, Скидан, 2014). Позитивний вплив на дану ознаку відзначається за використання добрив та біопрепаратів (Huang et al., 2019; Коковіхін та ін., 2015), позакореневого підживлення (Гутянський та ін., 2025), застосування регуляторів росту, незважаючи на несприятливі погодні умови (М'ялковський, Любицька, 2025).

Рядом науковців повідомляється про позитивний вплив комахозапилення на показники насіннєвої продуктивності соняшника, зокрема і на масу 1000 насінин. Так у дослідженнях (Кулинич, Соловійова, 2021) встановлено, що, в порівнянні із бджолозапильними кошиками, в ізольованих від вільного комахозапилення показник маси 1000 насінин суттєво знижувався (наприклад, у гібриду Дарій на ~21 %, у гібриду Етюд – ~48 %, у сорту Харківський-7 – ~17%).

Ще одним визначальним показником якості соняшникового насіння є його натура, що характеризує масу насіння в певному об'ємі (Покопцева та ін., 2017). В Україні це один літр (г/дм³). Натура обумовлена генетично закладеними особливостями гібриду та сорту, але суттєво залежить від вологості насіння *H. annuus* і засміченості (Кривошеєва, 2020). Показник зменшується з підвищенням відсотку вологості, що може бути пояснено значним набуханням сім'янки та підвищенням за цих умов шпаринності насіннєвої маси (Михайлов та ін., 2020). Оскільки, натура характеризує дрібність насіння, то цей показник залежить і від величини, щільності, форми сім'янок, стану їх поверхні, ступеня наливу, вирівняності, олійності, зокрема, співвідношення жирової і не жирової частин ядра (Федоряк та ін., 2023).

У відповідності до ДСТУ 4694:2006 «Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови» за показником натури соняшникове насіння поділяють на 3 класи: перший (>460 г/л), другий (430-460 г/л), третій (350-430 г/л). При цьому, для 1-го класу смітна домішка та вміст олійної домішки має бути <2 %, а

волога – $<11\%$. Для 2-го та 3-го класу ці показники мають відповідати $<3\%$ (в обох випадках) та $<13\%$.

Між масою сім'янок і показником натури є обернено пропорційна кореляція: чим крупніші сім'янки, тим менша натура, і навпаки, показник натури зростає при зниженні ваги насіння (Борисенко, 2022). З практичної точки зору висока натура краще, адже тоді соняшникове насіння займає значно менший об'єм, що має значення при транспортуванні і подальшому зберіганні, але з іншої сторони – потребує вентиляції для підтримання необхідної вологості і температури, що передбачає додаткові витрати (Борисенко, 2022). Оскільки сім'янка соняшника є плодом, у якому насінина не зростається з оплоднем, відповідно показник натури визначається як розмірами оплодня, так і масою ядра або насінини, тобто рівнем виповненості сім'янки.

На натуру впливає сукупність факторів, з-поміж яких ключовими є агротехнологічні прийоми вирощування соняшника і погодно-кліматичні умови (Покопцева та ін., 2017). Згідно (Андрієнко та ін., 2016) помітний вплив на натуру мають попередники та системи обробітку ґрунту. Так, виявлено, що за глибокого основного обробітку ґрунту значно зростають значення натури, особливо у випадку таких попередників як соя чи кукурудза (Андрієнко та ін., 2016). Домарацький Є. О. зі співав. (Домарацький та ін., 2020) з'ясували, що за комбінованого застосування біофунгіцидів та стимуляторів росту зростає об'ємна маса насіння (тобто натура). Суттєве збільшення даної ознаки відмічено і при підвищенні густоти посіву до 90 тис. шт./га (Борисенко, 2022).

Ще одним важливим інтегральним показником господарської цінності гібрида соняшнику є збір олії з одиниці площі (Гамаюнова, Павлов, 2025; Клименко, Ярошенко, 2022; Нестерчук, 2017; Плахотнюк, 2021; Кириченко та ін., 2022; Леонова та ін., 2016; Скидан, Скидан, 2017; Regitano Neto et al., 2016). Адже часто в реальних умовах високопродуктивний гібрид дає гарну урожайність, але виявляється низькоолійним; або навпаки – для гібриду відзначено недобір урожаю, але вміст олії виявився високим. Вміст олії в сім'янках багатьох сучасних гібридів соняшника зберігає генетично

закладений рівень навіть за екстремальних змін погодних умов, а висока пластичність *H. annuus* до мінливих метеофакторів дозволяє зберігати одночасно високу олійність та урожайність насіння. Часто в реальних умовах високопродуктивний гібрид дає гарну урожайність, але виявляється низькоолійним; або навпаки – для гібриду відзначено недобір урожаю, але вміст олії виявився високим (Коркодола, Макляк, 2023).

На сьогодні у насінні сучасних гібридів селекційно-насінницькі фірми гарантують «вміст олії» не нижче як 47 %, тобто половина кожної соняшnikової насінини – це крапля олії. Крім того, вітчизняна селекція соняшнику досягла підвищення якості олійної продукції, зокрема поліпшено показники цінних господарських ознак – масу 1000 сім'янок, продуктивність і висоту рослин, уміст олії й окремих жирних кислот в сім'янках, рівень відновлення фертильності пилку, стійкість до хвороб, комбінаційну здатність, а також створено нові лінії з різним умістом ізомерів токоферолів та антиоксидантною активністю (Кириченко та ін., 2022).

Завдяки сучасній селекції за останнє 10-річчя абсолютні показники олійності соняшника збільшилися до 50-52 % і вище, досягаючи 71 %. Останнє реалізовується завдяки правильно підібраним агротехнічним заходам та типу гібриду, на фоні сприятливих погодних умов (Леонова та ін., 2016). Проте значення має не лише вміст сирого жиру, а й жирно-кислотний склад та їх співвідношення. Адже, олія сучасних генотипів соняшнику характеризується високою якістю з низьким вмістом насичених жирних кислот, ~100 г/кг пальмітинової (16:0) і стеаринової кислоти (18:0) та підвищеною концентрацією (до 90%) ненасичених жирних кислот, переважно 18:1 і 18:2, з переважанням лінолевої кислоти (Regitano Neto et al., 2016). В Україні поширені сорти і гібриди *H. annuus* характеризується високим вмістом лінолевої (65-55 %), олеїнової (32-36 %) та незначним пальмітинової (5-6 %) і стеаринової (4-8 %) кислот. Зазвичай, рівень олії у сім'янці *H. annuus* становить 50-52 %, а білка – 12-16 %. Водночас, між процесами синтезу олії та білка спостерігається обернений кореляційний зв'язок: збільшення вмісту

білка призводить до зниження кількості жиру (Скидан, Скидан, 2017).

Вимоги стандарту України (ДСТУ 2240-93) встановлюють наступні вимоги щодо масової частки жиру в сім'янках соняшнику, передбаченому для виробництва олії: для I-го класу – $>50\%$, для II-го – $>45\%$, для III-го – $>40\%$ (у перерахунку на суху речовину).

Очевидно, що кліматичні умови суттєво впливають на якість насіння та показник олійності (Гамаюнова, Павлов, 2025а; Клименко, Ярошенко, 2022). Так, за настання сильних посух (Regitano Neto et al., 2016) або ж за надмірного зволоження (Гамаюнова, Павлов, 2025b) відзначається різке скорочення в однієї і тієї ж групи рослин показників олійності ($<40\%$) та зміна її жирно-кислотного складу. Натомість поліпшення показників олійності можливе за умов передпосівного оброблення насіння соняшнику регуляторами росту (Сендецький, 2021), застосування мікродобрих, зокрема препаратів на основі хелатованих форм заліза, цинку та марганцю (Ivanov, Shevchenko, 2021; Petrova, Koltun, 2022), біодеструкторів (Гамаюнова, Павлов, 2025) та правильного мінерального живлення, зокрема, за внесення достатньої кількості фосфору, кобальту, міді, цинку, бору, калію (Нестерчук, 2017; Ivanenko et al. 2019); проте, надлишок мікродобрих (Гамаюнова, Павлов, 2025) чи нітрогену (незважаючи на його позитивний вплив на вегетативну масу і накопичення білка) призводить до зниження жирів в соняшникову насінні (Нестерчук, 2017; Плахотнюк, 2021). Також показано, що на олійність впливає густота стояння рослин (Нестерчук, 2017) та обробіток ґрунту (Андрієнко та ін., 2016). Показано, що оптимальною є густота стояння 50 тис.рос./га, натомість граничні загущення (наприклад, 30 або 60 тис./га) обумовлюють зменшення (до 20,4-22,5 %) умовного виходу соняшnikової олії з одиниці площі (Нестерчук, 2017). Глибокий основний обробіток ґрунту, зокрема, після попередника озимої пшениці сприяє підвищенню вмісту жирів в соняшниковому насінні (Андрієнко та ін., 2016).

Одним з важливих агротехнічних прийомів, що позитивно впливають на олійність є бджолозапилення. Так, останнє може підвищувати показник

олійності в середньому на 5 % (Зароченцева та ін., 2022b), на 6 % (Amarilla et al., 2025), на 13 %, (Балдюк, 2016), подекуди на 12-18 % (Aslan, Yavuksuz, 2010).

Ще одним структурним елементом, який враховують при обговоренні урожайності соняшника є лушпинність (лузжистість), що характеризує відсоток маси плодових оболонки від загальної маси його ядра. На цей показник впливає сукупність чинників – від ґрунтово-кліматичних умов навколишнього середовища (зокрема, у критичний період – «посів-сходи») до тривалості часу наливу ядра і накопичення сухих речовин. Останнє впливає на формування лушпиння з потовщеним або тонким шаром, що захищає ядро (природний бар'єр) від негативної дії зовнішніх факторів (Черних та ін., 2025).

Очевидно, що лушпинність дрібних сім'янок, в порівнянні з крупними, нижча, а маса ядра (у %) вища. Це обумовлено щільним приляганням до ядра оплодня, який у дрібного насіння тонший. В результаті у дрібних сім'янок за рахунок нижчої лушпинності відзначається підвищений вміст олії (в порівнянні з крупними). Тонший панцирний шар оплодня дрібних сім'янок впливає і на проростання насінин (процес відбувається швидше в порівнянні з крупними), проте частіше вражається соняшnikовою міллю (Борисенко, 2016).

У праці (Борисенко, 2016) зазначається, що на даний параметр може впливати ширина міжрядь і густота посіву соняшника. Наприклад, чим більша густота рослин, тим формується насіння з меншою лушпинністю. Втім реакція соняшника на загушення за цією ознакою досить сортоспецифічна: деякі сорти при загущенні посівів утворюють насіння з більшою лушпинністю (напр., гібрид соняшника Харківський 50), а деякі – з меншою (напр., гібрид ВНДІОК 6540) (Борисенко, 2016).

Окрім біометричних параметрів на показник загальної урожайності впливає і виповненість насіння у кошику (тобто озерненість кошиків) (Ткаліч та ін., 2018; Nderitu et al., 2008; Chamer et al., 2015; Oz et al., 2009; Sawatthum, 2020; Федоряк та ін., 2023). Подекуди в аналогічних дослідженнях аналізують і частку кошиків з невиповненим насінням (Федоряк та ін., 2023). Відомо, що виповненість насінин зменшується від периферії до центру кошика (Santalla et

al., 2002), тому при визначенні даного параметру враховують зональність кошикового диску. Озерненість кошиків найчастіше залежить від запилення квітів і погодних умов під час цвітіння. Зазвичай, за впливу високих температур, посухи або дощів в центрі кошика насіння зовсім не утворюється і загальний недобір врожаю може становити до 5-78 % (Ткаліч та ін., 2018). При цьому, науковці зазначають, що якщо невиповнені сім'янки зосереджені в центрі кошика, це свідчить про нестачу води у ґрунті, якщо в різних місцях кошика – про дефіцит бору (Агрономічні принципи..., 2020). Науковцями ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича» зафіксовано, що в кошиках рослин соняшника, які вільно відвідували бджоли, кількість пустих насінин була меншою, ніж у ізольованих кошиках на 10,51-19,57 %. Крім того, показано, що ізоляція від комах запилюників більш помітно впливала на показники виповненості та маси насіння, тоді як відстань від пасіки більше впливає на рівень врожайності культури загалом (Сало, Данілова, 2022).

Дослідженнями Greenleaf S.S. та Kremen C. (Greenleaf, Kremen, 2006) встановлено, що бджолозапилення сприяє збільшенню (до 96 %) виповненості насіння і їх щільності прилягання один до одного в кошику соняшника.

У праці G. N. Fick (1978) зазначається самонесумісність *H. annuus* у контексті біології запилення та генетичних особливостей соняшнику, для якого характерне переважання перехресного запилення і виражена генетично зумовлена самонесумісність у багатьох його форм. Самонесумісність розглядається як один із механізмів підтримання високої гетерозиготності популяцій, що має важливе значення для еволюції та селекції культури. Ступінь самонесумісності варіює залежно від генотипу: поряд із самонесумісними формами існують частково або повністю самофертильні лінії, отримані в процесі селекції. Подолання самонесумісності (через добір самофертильних генотипів та інбридинг) стало необхідною передумовою розвитку інбредних ліній і, відповідно, гібридної селекції соняшнику (Fick, 1978).

Твердження про перехресне запилення як біологічну норму для роду *Helianthus* розглядається у праці (Seiler, Gulya, 2004). При цьому

наголошується на значенні дикого різноманіття цього роду для селекції культурного соняшнику (*H. annuus*), яке розглядається як ключове джерело генетичних ресурсів і носієм цінних господарсько-біологічних ознак (толерантності до абіотичних стресів, стійкості до хвороб і шкідників, нових алелів, пов'язаних з продуктивністю та якістю), що узгоджується з переважно перехресним типом запилення (Seiler, Gulya, 2004).

Самонесумісність є важливою адаптивною ознакою *H. annuus*, яка підтримує генетичну мінливість і еволюційну стабільність виду. Вона розглядається як біологічний механізм, що обмежує самозапилення і визначає ключову роль комах у процесі запилення. Успішне зав'язування насіння у самонесумісних генотипів соняшнику відбувається, зазвичай, шляхом перехресного запилення завдяки ентомофільними агентами, насамперед бджолами. Активність і різноманіття комах-запилювачів безпосередньо впливають на рівень зав'язування насіння та реалізацію репродуктивного потенціалу культури, підтверджуючи тісний зв'язок між самонесумісністю та комахозапиленням (Kaviani et al., 2011; Astiz et al., 2011).

Для соняшнику характерна часова динаміка цвітіння квіток у кошику, тобто послідовне (градуальне) розкриття трубчастих квіток у суцвітті – цвітіння починається з периферійної зони і поступово просувається до центру кошика. Цей процес триває кілька діб, що забезпечує тривалість привабливості кошика для комах-запилювачів й багаторазові відвідування різними запилювачами, а також зумовлює низьку ефективність самозапилення. Крім того у *H. annuus* наявна протандрія: пилок вивільняється раніше, ніж приймочка стає повністю рецептивною. Це розглядається як механізм зниження самозапилення і стимулювання перехресного запилення (протандрія обмежує одночасну наявність життєздатного пилку та рецептивної приймочки в межах однієї квітки). Отже, основними причинами низької ефективності самозапилення є сукупна дія протандрії, самонесумісності (повної або часткової у багатьох генотипів) та морфофункціональної організації суцвіття (з вираженою часовою динамікою

цвітіння) сприяє переважанню перехресного, ентомофільного запилення (Gentzbittel, L. et al. (1995).

Таким чином, урожайність *H. annuus* визначається низкою елементів структури його врожаю, з-поміж яких значна увага приділяється таким показникам як: загальна кількість сім'янок у кошику та їх вага, маса 1000 насінин, олійність, натура, та ін. При цьому вплив на дані структурні елементи врожаю соняшнику можуть чинити як фактори навколишнього середовища, генетичного потенціалу обраного гібриду, самонесумісність, так і правильно підібрані агротехнічні заходи, з-поміж яких вагоме значення має бджолозапилення.

Висновки до розділу 1:

Таким чином, соняшник – це стратегічно важлива високорентабельна культура в агропромисловому комплексі України, яка відзначається високим попитом її продукції як на вітчизняному, так і на світовому ринку. І не зважаючи на триваючу війну та блокування логістичних шляхів транспортування, Україна залишається одним із провідних світових експортерів соняшникової олії та насіння, що забезпечує економічний прибуток та робочі місця.

З'ясовано, що за останнє десятиліття значно зросли посівні площі та частка соняшнику в структурі олійних та інших с/г культур (подекуди випереджаючи інші провідні культури, наприклад, пшеницю), збільшилася кількість та різноманітність його сортів і гібридів (особливо зарубіжних), а також підвищилися обсяги виробництва соняшникової продукції.

Виявлено, що на території країни зареєстровано більше 24,5 тис. компаній-виробників соняшників, що займають в сукупності площу ~17,4 млн га (станом на кінець 2025 р.). З них вирощуванням, в основному, займаються великі агрохолдинги, середні та дрібні компанії, а також приватні фермери.

Встановлено, що *H. annuus* – це культура з високим адаптивним потенціалом і за умов правильно підібраних інтегрованих агротехнічних

підходів (починаючи з вибору гібрида, схем посіву, живлення, захисту і закінчуючи збиранням урожаю насіння та його зберіганням), що враховують специфічні ґрунтово-кліматичні особливості регіону та потреби вирощуваного гібриду, можна одержати максимально потенційні показники урожайності з мінімальними енерго- і ресурсовкладеннями та економічними витратами (навіть за несприятливих погодно-кліматичних змін).

На основі розглянутої наукової літератури, показано, що урожайність *H. annuus* визначається низкою елементів структури його врожаю, з-поміж яких значна увага приділяється таким показникам як: загальна кількість сім'янок у кошику та їх вага, маса 1000 насінин, олійність, натура, та ін. При цьому вплив на дані структурні елементи урожаю соняшнику можуть чинити як фактори навколишнього середовища, генетичного потенціалу обраного гібриду, самонесумісність, так і правильно підібрані агротехнічні заходи, з-поміж яких вагоме значення повинно надаватися бджолозапиленню.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Фізико-географічні та природно-кліматичні умови полігонів досліджень

Експериментальна частина роботи передбачала два етапи досліджень за період 2019-2021 рр. Перший етап – польовий, де полігонами послуговували дослідні поля в агрокліматичних умовах Західної України, підпорядковані «Контінентал Фармерз Груп». Зазначимо, що «Контінентал Фармерз Груп» – це українська агропромислова об'єднана компанія, сформована на основі активів «Мрія Агрохолдинг» та Continental Farmers Group, з іноземними інвестиціями. Земельний банк агрохолдингу загалом становить 195 тис. га, території яких знаходяться в 5-ти областях Західної України (Тернопільській, Львівській, Хмельницькій, Чернівецькій та Івано-Франківській областях).

На першому році експерименту – у 2019 р. – полігоном для дослідження стали сільськогосподарські угіддя, що знаходилися в адміністративних межах села Форосна Хотинського району (згідно оновленого адміністративно-територіального поділу – на сьогодні це межі Чернівецького району) Чернівецької області, у 2020 р. – с. Хоростків Чортківського району Тернопільської області, у 2021 р. – с. Слобода-Комарівці Чернівецького району Чернівецької області (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Місця знаходження полігонів досліджень

Згідно фізико-географічного районування України (Національний атлас..., 2007) території полігонів дослідження належить до:

- с. Форосна – Зони широколистяних лісів, Прут-Дністровської височинної області, Заставнівсько-Хотинського району;
- с. Слобода-Комарівці – гірського краю Українські Карпати, Передкарпатської височинної області, Вижицько-Сторожинецького району;
- с. Хоростків – Зони широколистяних лісів, Західноподільської височинної області, Гримайлівсько-Гусятинського району.

Форосна – село, що входить до Ванчиковецької об'єднаної територіальної сільської громади Чернівецького району Чернівецької області (до адміністративно-територіальної реформи 2020 р. населений пункт входив до Новоселицького району). Місцевість знаходиться між басейнами річок Прут і Дністер та приурочена до Новоселицького природного району Прут-Дністерського межиріччя (Рідуш та ін., 2016) та належить до лісостепової рівнинної зони України, де середні абсолютні висоти сягають до 230 м н.р.м. (Регіональна доповідь..., 2025).

Клімат ареалу визначається розташуванням у широкій Новоселицькій улоговині, для якої характерний відносно м'який і вологий помірно континентальний клімат. Тут сформувалися найтепліші у регіоні кліматичні умови, де поверхня ґрунту отримує ~ 1700 Вт/м²/рік сонячної енергії (Коржик, 2021; Холявчук, 2019). Середня температура приземного шару повітря у найхолодніший місяць року (січень) становить -5 °С, у найтепліший місяць року (липень) $+20$ °С. Температура приземного шару повітря може коливатися від -27 °С до $+33$ °С, на що впливає, зазвичай, напрямки переміщення повітряних мас. Максимальні температури повітря досягають $+39$ °С. Відносно стабільною залишається пересічна температура повітря, в найтеплішому місяці року (липень) не опускається нижче 18 °С. Весняний період відносно нетривалий – ~ 70 діб. Літній період помірно теплий, подекуди

– жаркий. У літній сезон випадають річні максимуми опадів, але іноді в певний період настають засухи. Осінній сезон в першій половині (до середини жовтня) характеризується теплою, сухою і малохмарною погодою, у другій половині (до настання зими) – прохолодною, туманною погодою з невеликою кількістю опадів. Середньорічна температура приземного шару повітря становить +10 °С. Зимовий сезон відносно м'який з вираженими відлигами, які можуть тривати 50 діб. Кількість опадів зменшується втричі (в порівнянні з літнім періодом). Для місцевості характерні ранні осінні та весняні приморозки (Холявчук, 2019; Рідуш та ін., 2016).

З-поміж ґрунтів поширені чорноземи несолонцюваті і слабосолонцюваті з вмістом гумусу до 4 %; належать до агровиробничої групи ґрунтів 8бл. Для цих ґрунтів є характерною висока водоутримуюча здатність, агрономічно цінна структура, що містить багато мікроагрегатів розмірами ~10 мм. За рахунок значного вмісту колоїдів відзначається висока насиченість поживними елементами та доступність їх сполук (Зароченцева та ін., 2022а). При цьому Вахняк В. С. з колегами (Вахняк та ін., 2025), вивчаючи вплив рослинності та способу використання на фракційно-груповий склад гумусу дерново-карбонатних ґрунтів Придністер'я, вказують, що груповий та фракційний склад гумусу антропогенно-трансформованих угідь (наприклад, ріллі) суттєво відрізняється між ґрунтами різної генетичної природи, залежить від літологічних та гідротермічних умов місцевості й інших екологічних факторів та характеризується відповідними параметрами показників, важливими в контексті урожайності вирощуваних культур у відповідній агроєкосистемі.

Хоростків – місто в Україні, адміністративний центр Хоростківської об'єднаної територіальної міської громади Чортківського району (до адміністративно-територіальної реформи 2020 р. населений пункт входив до Гусятинського району) Тернопільської області. Населення (станом на 01.03.2022 р.) налічувало ~7 тис. осіб. Місто розташоване за 63 км від

обласного центру (м. Тернопіль) (Хоростків..., 2025).

Взаємний вплив кліматоутворювальних чинників – особливостей рельєфу, сонячної радіації, атмосферної циркуляції – визначає формування в межах досліджуваної території помірно континентального клімату, який характеризується відносно теплим літнім періодом, м'яким зимовим та достатнім рівнем зволоження. Арéal місцевості відноситься до південного кліматичного району, який називають «теплим Поділлям». Тут середні температури на 0,5-0,7 °C вищі, ніж на решті території області, тривалість теплового періоду – 260 днів, а літнього сезону до 100-180 днів. У вегетаційний період суми активних температур складають 2500-2700 °C, а в долинах р. Дністер можуть сягати й 2800 °C. Кількість опадів невелика – 590-520 мм/рік, проте коефіцієнт зволоження високий (0,92-1,0). Середня температура приземного шару повітря у найтепліший місяць року (липень) сягає 18,5-19,3 °C. Кількість днів із середньодобовою температурою >15 °C становить 110-120, буває до 10 днів з середньодобовою температурою >20 °C (Новицька та ін., 2021).

Основними елементами рельєфу є Тернопільське плато, що належить до найбільш вирівняних у рельєфному відношенні частин регіону з відносними висотами до 50-60 метрів. Ґрунотвірні породи представлені лесами та лесоподібними суглинками, вапняками, глинами й алювіальними відкладами. Взаємний вплив чинників (рівнинний рельєф, помірно континентальний клімат, поширення лісостепової рослинності) обумовив формування на зазначених породах лісостепових опідзолених ґрунтів (сірих, темно- та ясно-сірих), а також чорноземів. Такий тип ґрунтів сприяє урожайності сільськогосподарських культур. Місцевість характеризується високим рівнем с/г освоєння території, де домінуюча частка земель (~85 %) має сільськогосподарське призначення (Файфура, 2021, 2024).

Хоростків розташоване у басейні річки Дністер, через населений пункт протікають річки Тайна і Голодні Стави (Став) та інші менші струмки.

М'який і теплий мікроклімат, ґрунтово-гідрологічні, геоморфологічні і едафічні умови сприяли формуванню багатой флори і фауни. Флора

надзвичайно різноманітна, носить перехідний характер від бореальної до середземноморської, серед якої є чимало реліктових, ендемічних та рідкісних видів. На території регіону трапляються луки, фрагменти степової та лісової рослинності. Останні представлені в основному дубово-грабовими угрупованнями з домішками кленів польового і гостролистого, явора і татарниколистого, берези, акації білої, липи серцелистої, ясена звичайного, в'яза (Новицька та ін., 2021).

Слобода-Комарівці – село, що входить до Сторожинецької об'єднаної територіальної міської громади Чернівецького району Чернівецької області (до адміністративно-територіальної реформи 2020 р. населений пункт входив до Сторожинецького району) .

Село Слобода-Комарівці, невеличке, займає територію площею 2413,5 га та налічує близько чотирьох сотень господарських дворів і населення в кількості близько однієї тисячі осіб. Більшу частину земель населеного пункту займають ліси (1052 га), а також с/г паї (766 га). На території села є два ставки, розміром 9 га (Слобода-Комарівці..., 2025).

Клімат місцевості помірно-континентальний, обумовлений впливом вологих північно-західних вітрів, але часто стає суворішим за рахунок короткого і прохолодного літнього періоду. Крім того складний рельєф формує деякі мікрокліматичні відмінності (Регіональна доповідь..., 2025).

За даними <https://ngo.land.gov.ua/uk/psgRegion/chernivetski> полігон дослідження приурочений до Чернівецького природно-сільськогосподарського району (ПСГР-03), що знаходиться на переході Лісостепової до Карпатської гірської зони і належить до передгірської зони України (із середніми абсолютними висотами ~350 м н.р.м.). Місцевість розташована між басейнами річок Прут і Сірет (тому часто говорять про приналежність території до Прут-Сіретського межиріччя). Окраїнами села протікає невеличка річка Білка.

В геоструктурному відношенні територія належить до зовнішньої зони

Прикарпатського крайового прогину (Звіт про стратегічну..., 2020). Згідно номенклатурного розподілу ґрунтового покриву Чернівецької області (за Польчина, 2014) місцевість характеризується неоднорідністю та представлена головним чином сірими лісовими та дерново-підзолистими ґрунтами (Ґрунтові карти..., 2022). Усі ґрунти, оглеєні, а глеюваті відміни приурочені до підвищених елементів рельєфу, глейові відміни – до пологих нижніх частин схилів. Тут зустрічаються виразно відмінні генетичні групи ґрунтів: ясно-сірий лісовий оглеєний, темно сірий лісовий оглеєний, ясно-сірий лісовий, сірий лісовий, сірий лісовий оглеєний, дерново-глейований, дерново-підзолистий (бурувато-підзолистий) поверхнево оглеєний. Механічний склад цих ґрунтів переважно легко-, середньо- та важкосуглинкові (Карта ґрунтів..., 2022). З-поміж ґрунтів зустрічаються слабо- та середньолужні, а також сильнокислі. За агроєкологічною оцінкою якості с/г земель значний відсоток ґрунтів належить до класу середньої якості, подекуди до групи низької якості (Гунчак та ін., 2025).

2.2. Матеріали, схема та методологія досліджень

Матеріали для дослідження – дозрілі кошики із сім'янками 20 гібридів *H. annuus* шести виробників: «Syngenta», «Euralis», «Pioneer», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT» (табл. 2.1).

При виборі схеми проведення експерименту, польових та лабораторних методів досліджень урахували досвід вітчизняних та зарубіжних науковців, а також власні результати 5-тирічних досліджень, проведених спільно з фахівцями «Контінентал Фармерз Груп».

Дослідні поля умовно були розділені на три сектори, де згідно зі схемою посадки гібриди *H. annuus* висаджувалися попарно, з однаковими за шириною і довжиною рядами досліджених гібридів у різних комбінаціях. Це дозволило зберегти однотипність мікрокліматичних й едафічних факторів між ділянками. Для запобігання непередбачуваних впливів на хід перебігу експерименту,

оранку та інші агротехнічні прийоми обробки ґрунту виконували перпендикулярно через усі сектори до їх довгих сторін. При вирощуванні культури до збору урожаю дотримувалися загальноприйнятих агротехнічних прийомів з належним контролем шкідників і забур’янення.

Норма висіву для всіх гібридів була стандартна – 50 тис. рослин/га. На 1 прохід сівалки відповідало по 9 рядів з 2 гібридами. Зміна порядку суміжного попарного сусідства у різних секторах дозволила уникнути впливу перезапилення. На рисунку 2.2 графічно подано приклад взаємного розташування 6-ти гібридів для 18-рядної високошвидкісної сівалки по 3 проходи на 1 сектор із 70 см міжряддям (у межах 1-го проходу сівалки ширина міжрядь становила 45 см). Актуальність змісту топографічних карт різних масштабів, на яких відображено елементи рослинного покриву, є важливою складовою інформативності будь-якої досліджуваної місцевості (Гуцул, Мирончук, 2022).



Рис. 2.2. Дизайн експерименту на прикладі 6-тигібридної схеми висівання соняшнику (авторська розробка)

В низці наукових джерелах повідомляється про світову кризу запилення, обумовлену дефіцитом природних комах-запилювачів, в тому числі й зростанням смертності *Apis mellifera* L., 1758 (Федоряк та ін., 2023; 2024; Gray

et al., 2023; Hristov et al., 2021). На зазначене впливає сукупність чинників: інтенсифікація сільського господарства, навантаження паразитами та патогенами, наслідки урбанізації, а також – екологічні стресори, такі як вплив агрохімікатів, нові захворювання, несприятлива зима (Федоряк та ін., 2024). Крім того, науковцями з'ясовано, що теплофізичні властивості матеріалів, з яких виготовлені сучасні вулики, впливають на показники зимостійкості бджіл впродовж критичних періодів існування бджолиних колоній, і, зазвичай, визначаються клімато-географічними умовами їх зими (Тимочка та ін., 2023). Зокрема, підтверджено зв'язки між факторами навколишнього середовища (погодою, наявністю нектару), складом геному матки та ключовими ознаками (толерантністю поведінки і активність льоту) (Cherevatov et al., 2025). Посилене використання пестицидів, зокрема інсектицидів, у сільськогосподарській практиці, призводить до скорочення чисельності колоній *A. mellifera*, що порушує екологічний баланс і знижує здатність багатьох ентомофільних рослин до запилення (Omelchun et al., 2025).

Наразі в агроекосистемах вирощування сільськогосподарських рослин, зокрема й соняшника, здійснюється на суцільних десятках, сотнях, або й на тисячах, гектарах монокультури. І дуже часто запилювачі, відвідують квіти, розташовані в крайніх смугах, не долітаючи (відповідно і не запилюючи) до наступних і центральних рядів рослин. Крім того, виведені сучасні лінії самофертильних гібридів соняшників можуть і не давати корм бджолам, що також призводить до зменшення відвідуваності квітів комахами. А недостатнє харчування вважається одним із факторів, що можуть знижувати стійкість медоносних бджіл до абіотичних та біотичних стресів навколишнього середовища (Yazlovytska et al., 2023), або зумовити часові прогалини у забезпеченні нектаром і пилом, короткі пікові періоди медозбору, та підвищений ризик кормового дефіциту (Лісогурська та ін., 2025b). Тобто дефіцит запилювачів, відповідно недозапилення, стало «нормою» для монокультур, де у значної частки агроценозу насправді відсутній (або як у нашому випадку ізольований) процес комахозапилення. Тому групу рослин, в

яких були ізольовані кошики від вільного доступу комахозапилення, ми приймали за контрольний варіант. Відповідно дослідним варіантом були рослини з достатньою кількістю комах-запилювачів. А при обговоренні визначення впливу ефекту комахозапилення на показники продуктивності та біологічної урожайності соняшника порівнювали збільшення/зменшення значень показників елементів структури урожаю у двох варіантах досліді:

- 1) з ізоляцією суцвіття,
- 2) з вільним доступом комах-запилювачів.

З метою виключення впливу комахозапилення кошики кожної третьої рослини уздовж одного ряду за 2 доби до розкриття трубчастих квіток суцвіття соняшника ізолювали від доступу комах-запилювачів (орієнтовно в першій декаді липня) на стадії R3 онтогенезу *H. annuus* (рис. 2.3 А). Тут і далі стадії розвитку соняшника подано за Schneiter A. A., Miller J. F (1981). Відповідно, суцвіття соняшників, на яких досліджувався вплив комахозапилення, залишали відкритими, для природного вільного запилення комахами (рис. 2В).

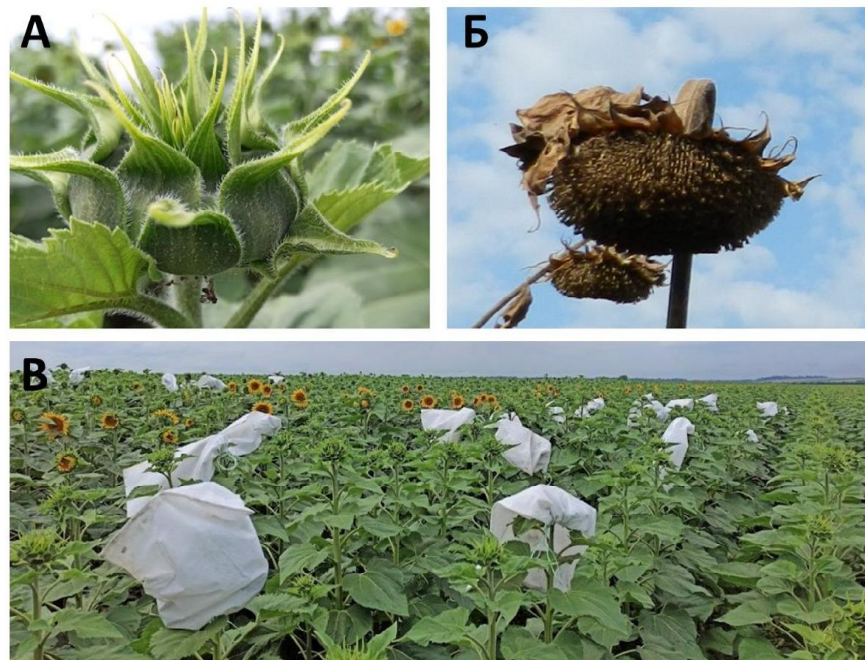


Рис. 2.3. Польовий етап експерименту:

- А – стадія онтогенезу *H. annuus* R3 на момент ізоляції;
 Б – стадія онтогенезу *H. annuus* R9 на момент збору матеріалу;
 В – ізольовані екземпляри на дослідному полі

Для ізоляції кошиків нами використано нетканий поліпропіленовий спанбонд (так звані чохла з агроволокна) розміром 50x40 см із щільністю 30 г/м², що дозволило зберегти аеровентиляцію та світлопроникність. Чохли на рослині для зручної і надійної фіксації затягували поліпропіленовим шпагатом.



Рис. 2.4. Вимірювання розміру кошикового диску

Після повного дозрівання насіння (II-III декада вересня) на стадії онтогенезу R9 (рис. 2.3 Б) знімали ізолятори. Після чого, вимірювали діаметр диску кошика (враховуючи його опуклість) та проводили підбір кошиків з аналогічним діаметром у вільно запилюваних рослин (рис. 2.4). Відібрані кошики ізольованих та комахозапильних рослин для кожного дослідженого гібриду *H. annuus* поміщали в окремі пакети з бирками, на які наносили підписи, вказуючи назву гібриду, варіант запилення, діаметр кошика порядковий номер, локацію та дату збору. Зібраний матеріал транспортували у лабораторію кафедри екології та біомоніторингу Навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича для подальших досліджень, де кошики того ж дня розкладали для доведення до повітряно-сухого стану (в середньому до вологості 7 %) в теплому та добре провітрюваному приміщенні, зберігаючи ідентифікуючі бирки з підписами.

Другий етап дослідження проводили в лабораторних умовах. Всі подальші визначення здійснювали з урахуванням зонування диску кожного кошика ізольованих та комахозапильованих рослин. Зонування передбачало поділ радіуса кошика на три рівні частини, виокремлюючи (рис. 2.5): А – зовнішню



Рис. 2.5. Схема зонування диску кошика соняшника: А – периферійна; Б – проміжна; В – центральна

(периферійну) зону (А), Б – проміжну (середню) (Б) зону, В – центральну (внутрішню) (В) зону.

Досліджуваними структурними елементами урожайності соняшника у даній дисертаційній роботі стали: загальна маса та кількість сім'янок з кошика, маса 1000 насінин, лушпинність, олійність, діаметр кошика, виповненість сім'янок за зонами кошика (периферійною, проміжною, центральною), а також частка кошиків з невивповненим насінням. Визначення даних характеристик здійснювали з кошиків, доведених до повітряно-сухого стану (вологість яких становила 7 %), дотримуючись рекомендацій наступних нормативів: ДСТУ 7011:2009, ДСТУ 4694:2006, ДСТУ ISO 520:2015, ДСТУ 8836:2019, ДСТУ 4138:2002, ДСТУ 2240-93.

Спочатку нами визначалась частка кошиків з невивповненим насінням, яку розраховували у відсотках за відношенням кількості кошиків, що містили невивповнене насіння, до загальної кількості кошиків відповідного варіанту. Показник також встановлювали окремо для кожної зони кошикового диску (зовнішньої, проміжної та внутрішньої).

Першим у лабораторних умовах нами визначалась ступінь заповнення відібраних сім'янок, яку оцінювали візуально за щільністю прилягання насіннєвого ядра до насіннєвої оболонки (рис. 2.6). Для цього з кожної зони відбирали по 20 насінин (рандомно), визначаючи їх масу, та відокремлювали ядро від оболонки, звертаючи увагу на укомплектованість у сім'янці. Після чого вимірювали масу лише ядра.

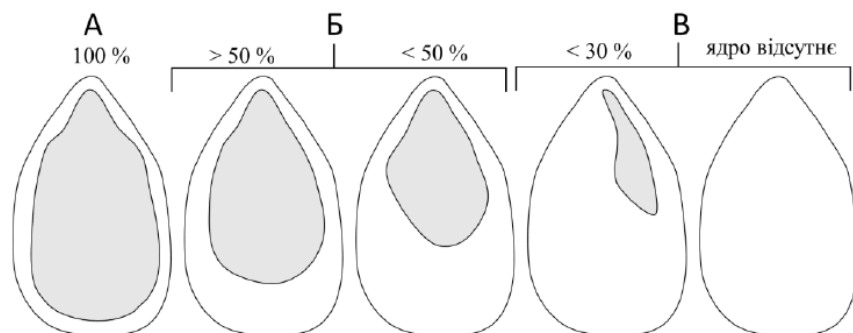


Рис. 2.6. Ступінь виповненості сім'янок соняшника: виповнена (А), частково виповнені (Б) і невивповнені (В) (авторська розробка)

Сім'янку вважали «виповненою» за умови щільного прилягання ядра до оболонки. Якщо ядро частково заповнювало сім'янку і мало ознаки недорозвиненості чи було деформоване, то тоді сім'янку вважали «напіввиповненою». У випадку відсутності ядра або якщо ядро на третину заповнювало простір сім'янки і не мало ознак диференційованості, то такі насінини вважали «невиповненими». Показник виповненості розраховували для кожної зони окремо як відсоток виповнених сім'янок від 20 досліджених насінин (сім'янки, де заповнення простору ядра становило $<100\%$ вважали повністю невивиповненими).

У подальшому в окремі підписані паперові пакети з кожної умовної зони кошика відбирали сім'янки, підраховували їхню кількість та вимірювали масу з точністю до 2-го знаку. Показники загальної маси та кількості насінин у кошику обчислювали математично як суму відповідних показників 3-х зон.

Визначення лушпинності сім'янок соняшника проводили згідно з вимогами ДСТУ 8836:2019, шляхом встановлення частки маси лушпиння з 60 сім'янок (у раніше 20-ти відібраних з кожної зони кошика).

Для решти визначень показників структури урожаю соняшника сім'янки усіх досліджених зон кожного окремого кошика зсипали в одну ємність, перемішуючи рівномірно.

Масу 1000 сім'янок визначали, урахувуючи вимоги ДСТУ 4138:2002. Для цього з ємності з рівномірно перемішаним насінням рандомно відбирали 1000 штук та зважували в грамах (траплялися випадки, коли кількість сім'янок становила <1000 , тоді вимірювали масу наявних повноцінних сім'янок, а показник обчислювали за пропорцією).

Відмітимо, що при обговоренні згаданого показника та деяких інших використовуємо ботанічну термінологію («сім'янка»), в окремих випадках - термінологію, подану в ДСТУ 7011:2009 («насінини»), як загальноприйняту при обговоренні потреб виробництва та реалізації сільськогосподарської продукції.

Для визначення густоти стояння проведено підрахунок кількості рослин

на стандартних ділянках розміром 10x10 м по діагоналі поля через рівні інтервали. Для перерахунку на 1 га усереднене значення множили на 1000 (Вирощування насіння..., 2014).

Олійність у експерименті 2019 р. визначали в ядрах, відокремлених від насіннєвої оболонки, для кожного кошика. Виміри здійснювали експрес-методом інфрачервоної спектроскопії в ближньому діапазоні (NIR) на аналізаторі ІНФРАСКАН-1050 на базі «Контінентал Фармерз Груп». У 2020 р. вміст олії у сім'янках визначали окремо для кожної умовної зони кошика: периферійної, проміжної і центральної згідно ГОСТ 10857-64 (шляхом екстрагування гексаном). Але не з кожного кошика, а із об'єднаного зразку, що являв собою сукупність сім'янок з усіх кошиків одного гібриду (окремо для кожної групи рослин: комахозапильної чи ізольованої) з відповідної зони (периферійної, проміжної та центральної). Після чого проводили визначення в змішаній пробі, що являла собою суміш сім'янок, об'єднану з різних зон в одній ємності. Тобто в підсумку, для кожного окремого гібриду ми отримали чотири показники (виміряні в 4-рикратній повторюваності) для комахозапильної та для ізольованої групи.

Зазначимо, що виміри подано в перерахунку на суху речовину, визначену для кожної проби окремо.

В подальшому на основі попередньо отриманих показників середньої маси насіння з рослини (в грамах) та густоти стояння (екз./га), нами розраховано теоретичну біологічну урожайність (Y) згідно (Вирощування насіння ..., 2014) за формулою 2.1:

$$Yb = \frac{P \times D}{1000000} \quad (2.1), \text{ де:}$$

Yb – біологічна врожайність, т/га;

P – середня маса насіння з кошика, г;

D – густина стояння, екз./га;

1000000 – коефіцієнт для перерахунку в т/га.

Варто зазначити, що загальноприйнятим трактування у

сільськогосподарській галузі, що використовується в аграрній практиці, та в низці нормативно-правових документах (наприклад, у Розпорядженні Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг від 24.09.2015 №2285 «Про деякі питання здійснення страхування майбутнього врожаю соняшнику з державною підтримкою від сільськогосподарських ризиків на весь період вирощування») під поняттям «біологічна врожайність соняшника» розуміють врожайність усієї продукції соняшнику, створеного шляхом фотосинтезу за один вегетаційний сезон на одному гектарі площі посіву, що визначається в момент досягнення біологічного дозрівання «на пні» (тобто коли насіння сформоване, але ще не зібране механічно).

Згідно (Significance of Biological..., 2025) поняття «біологічна урожайність» (biological yield) включає усю сукупність вегетативної та генеративної біомаси рослини, сформовану за вегетаційний період на одиницю площі (зазвичай на 1 га), і визначають як сумарну вагу всіх частин рослини і насіння (в перерахунку на суху речовину) на момент фізіологічної стиглості.

Водночас у наукових джерелах часто рекомендують визначати біологічну урожайність соняшнику з урахуванням досліджень морфогенезу і продукційного потенціалу, користуючись розрахунками, поданими у формулі 2.1 (Вирощування насіння ..., 2014). Останнє й покладено в основу поняття «біологічна урожайність соняшника» у даній дисертаційній роботі.

Отримані виміри та розрахунки показників (маси 1000 сім'янок, олійності та біологічної урожайності), порівнювали з потенційними значеннями (вказаними для відповідних показників і гібридів) на офіційних сайтах виробників (див. додаток Г, Д).

Відмітимо, що в експерименті 1-го року (2019 р.) структурними показниками продуктивності урожайності соняшника були: загальна маса сім'янок у кошику, маса 1000 сім'янок, олійність ядра, лущинність, а також розраховані нами біологічна урожайність, частка кошиків з невиповненими сім'янками та частка невиповнених сім'янок. Останнє визначали окремо для

кожної умовної зони кошикового диску, адже відомо, що виповненість насіння зменшується від периферійної частини до центру кошика (Santalla et al., 2002), тому її визначали із врахуванням зональності кошикового диску.

Показник олійності у 2019 р. визначали в очищених ядрах сім'янок, відокремлених від насіннєвої оболонки методом ближньої інфрачервоної спектроскопії. Таким підходом, зокрема, користуються в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України (Леонова та ін., 2016; Колешкова та ін., 2016). Визначення олійності очищеного ядра, який ми застосували, описане японськими науковцями (Sato et al., 1995). Втім, даний підхід затратний в часі і потребує значних зусиль для підготовки матеріалу до аналізу. Тому в подальшому здійснювали вимірювання олійності необрушеного насіння. Адже метод NIR-спектроскопії дозволяє визначати вміст олії у сім'янках соняшника неінвазійним способом, мінімізуючи таким чином часові затрати та алгоритм підготовки матеріалу до аналізу.

Під час експерименту 2-го року (2020 р.), за пропозицією співробітників агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп», до обраних показників додали натуру. Також змінили підхід щодо дослідження маси 1000 сім'янок та олійності, які у 2019 р. визначали окремо для кожної зони кошикового диску. Зважаючи на недостатню кількість насіння для умовних зон кошику, вимірювання проводили у змішаній пробі (але для кожного гібриду окремо і для ізольованих рослин, і для комахозапильних). Так, сім'янки, відібрані з однієї зони (наприклад, периферійної) всіх досліджених кошиків одного гібриду змішували в 1-й ємкості, після чого рандомно відбирали зразок і в 4-х повторях, визначали відповідні показники (масу 1000 шт., натуру, олійність). Аналогічні виміри проведено для середньої і центральної зон кожного кошика. Зрештою, такий підхід потребував більше часу і не забезпечував достатню вибірку для встановлення статистичної достовірності.

Натуру (об'ємну масу) визначали відповідно до ДСТУ 4694:2006 як масу сім'янок в одному літрі (г/дм^3) за допомогою літрової пурки. У разі недостатньої кількості сім'янок для заповнення необхідного обсягу, виміри

здійснювали на менший об'єм, а показник обчислювали за пропорцією.

Зазначені проблеми урахували при проведенні досліджень в 3-му році експерименту (2021 р.). Так, сім'янки з кошика відбирали окремо з кожної зони, визначаючи їх масу, кількість та виповненість. Масу 1000 сім'янок, натуру та олійність визначали у змішаній пробі, яка об'єднувала усі три зони 1-го кошика. В підсумку такий підхід забезпечив репрезентативну статистичну вибірку для показників і зекономив час на дослідження 1-го кошика. Також, з огляду на наявність гібридів з малими розмірами кошика, показник натуре визначали у однаковому об'ємі (0,05 дм³); показник обчислювали за пропорцією, перерахувавши на 1 дм³.

Під час проведення експерименту 3-го року, що здійснювався у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (у 2021 р.) було забезпечено вивезення вуликів з *Apis mellifera* L. безпосередньо на посіви соняшника (24 вулика на 28 га). Останньому посприяв місцевий бджоляр Валерій Данко.

Враховуючи вище зазначені підходи та їх науково-практичну ефективність за період проведення експерименту нами розроблено алгоритм щодо методичного підходу оцінки впливу комахозапилення на структурні елементи урожаю соняшнику, що висвітлено в праці (Федоряк та ін., 2023) та апробовано в роботах (Зароченцева та ін., 2022 а, b; Herasymiuk et al., 2025).

Аналіз відвідування посівів соняшнику комахами-запилювачами проведено на 3-му році експерименту в с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.). Для цього на межі дослідженого поля (площею 28 га) в період цвітіння соняшнику розміщено мобільну пасіку, яка налічувала 24 бджолині сім'ї. Згідно рекомендацій щодо керованого бджолозапилення для забезпечення його ефективності доцільно встановлювати в кількості 1 бджолина сім'я на 1 га посівів (Адамчук, 2020; Лісогурська та ін., 2021).

В період масового цвітіння *H. annuus* досліджених гібридів здійснено облік комах-запилювачів. Спостереження проводили в першій половині дня (з 8:00 до 14:00), оскільки комахи саме в цей період доби є найбільш активними. При цьому спостереження виконувалося тричі для кожного гібриду у часові

проміжки з 08:00 год. до 10:00 год., з 10:00 до 12:00 год. та з 12:00 до 14:00 год. Одне спостереження передбачало підрахунок комах на 10 кошиках упродовж трьох п'ятихвилинних інтервалів. Тобто, загальна вибірка для одного гібриду за увесь період спостережень становила 30 кошиків. Виявлених комах фіксували за допомогою цифрової камери телефону. В подальшому за допомогою Picture Insect (онлайн застосунок для ідентифікації комах) здійснювали визначення видового складу запилювачів, звіряючи отримані результати з Атласом комах України та іншими офіційними відкритими онлайн-ресурсами.

При здійсненні розрахунків економічної ефективності, зокрема рентабельності а також при проведенні регресійного аналізу до уваги взято ті показники, де відзначено позитивний вплив комах-запилювачів на приріст урожайності соняшника (так дана сукупна вибірка сформована із значень 21 гібриду). Економічну ефективність (грн/га) розраховували як дельту між доходами, отриманими у варіанті з вільним доступом комахозапилення та ізольованим варіантом. Дохід визначався з урахуванням поточних (на відповідний рік) цін (грн.) та урожайності для відповідного гібриду (т/га). Рентабельність (%) розраховувалася шляхом зіставлення валового доходу з витратами.

Витрати на виробництво готової продукції 1 т насіння соняшнику, ціни реалізації, курси валют та результати досліджень висвітленні в даній роботі були сформовані на основі відкритої інформації банку даних Державної служби статистики України, Міністерства фінансів України, літературних першоджерел та власних досліджень одержаних розрахунковим способом.

Зважаючи на зацікавленість пасічників у самостійному вивезенні бджіл на квітучі поля як на ресурс корму, що і відбувалося при проведенні нашого експерименту, то даний розділ витрат при проведенні обчислень ми не враховували. Адже, як відомо, що запилюючи сільськогосподарські культури, бджоли збирають нектар і пилок, які є джерелом поживних речовин для існування комах та основою бджільницької продукції (Мороз, 2022).

Спершу ми оцінили економічний ефект та рентабельність за так званім «оптимістичним/потенціальним сценарієм», який дає відповідь на питання: «Яка ефективність запилення, коли воно біологічно ефективне?», «Який потенціал економічної ефективності за умови позитивної реакції культури?». У даному випадку для розрахунків взято додатні значення, які підтвердили позитивний вплив комах-запилювачів на приріст урожайності соняшника, тобто комахозапилення реально спрацювало біологічно (дало приріст урожайності). Так, вибірка за «оптимістичним сценарієм» охопила значення 20 гібридів (виняток склали 5 гібридів 2019 р.). В подальшому для відповіді на питання: «Яка загальна економічна ефективність запилення?» ми провели аналіз економічної ефективності комахозапилення на вирощування соняшника за «реалістичним сценарієм», де для розрахунків взято усю сукупність значень (і додатних, і від’ємних). В даному випадку до попередніх даних добавилися значення ще 5-ти гібридів 2019 р. (з від’ємними числами) і сукупна вибірка за «реалістичним сценарієм» загалом охопила значення 25 гібридів.

Для визначення достовірності отриманих результатів проводили статистичну обробку за допомогою комп’ютерної програми Statistica 12 («StatSoft»). Графічну інтерпретацію даних представлено за допомогою програми MS Excel 2019. Оцінку достовірності відмінностей між показниками варіантів ізолюваних рослин та рослин з вільним комахозапиленням перевіряли за критерієм Вілкоксона. Останній, з огляду на високу ефективність, рекомендовано для співставлення залежних вибірок, отриманих у процесі парних порівнянь, і вважається непараметричним аналогом парного t-критерію Стьюдента (Zimmerman, Zumbo, 1993; Руденко, 2012).

В наступному розділі 2.2 у таблиці 2.1 наведено короткі відомості про досліджувані нами гібриди соняшника, де їх назви подано у відповідності із назвами, зареєстрованими у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні – офіційний перелік сортів, придатних для поширення в Україні (станом на 15.07.2025).

2.3. Характеристика досліджених гібридів *H. annuus*

Таблиця 2.1

Основні характеристики досліджуваних гібридів різних виробників (сформовано автором згідно з описом виробників)

Локація	Форосна (2019 р.)	+		+	+	+	+	+	+		
	Хоростків (2020р.)	+					+				
	Слобода-Комарівці (2021 р.)	+	+						+	+	+
Виробники		Euralis		Syngenta							
Гібриди		ES Rosalia	ES Bella	NK Neoma	Sumatraa	SY Experto	SY Kupava	SY Lascala	NK Kondi	SY Arisona	NK Brio
Показники:											
Група стиглості		с/с	р/с	с/с	р/с	с/с	р/с	с/с	с/с	с/с	с/с
Використання		ЛІН	в/ол	ЛІН	ЛІН	в/ол	ЛІН	ЛІН	ЛІН	Лін, в/ол	Лін., ол
Середній діаметр кошика		21-25	22	18	н/д	16-20	16-20	16-18	н/д	17	до 20
Середня маса 1000 насінин		56-57	60	62-68	64-70	51-58	48-53	49-55	72	72	60-75
Вміст олії, %		48-49	49-51	51-53	до 50	48-49	51-53	50-52	52-54	52-54	48-52
Висота рослини, см		155 165	150	150 170	160 180	160 190	150-175	140 170	150 170	170-190	150- 170
Потенціал урожайності, ц/га		50-52	45	до 50	37-44	46	50	34-46	38-52	до 50	до 50
Рекомендації з вирощування		ЛС, С, Пол	ЛС, С, Пол	С (пн), ЛС, Пол	С (пн), ЛС, Пол	С (пн, цн), ЛС	С (пн, цн), ЛС, Пол	С (пн, цн), ЛС, Пол	ЛС, Пол	С (цн., пн), ЛС	Пол, ЛС, С
Рекомендована густота, тис. екз./га											
Достат. зволож.		60-65	60-65	50-60	50-55	55-60	50-55	50-55	50-60	50-55	50-60
Недостат. зволож.		50-55	50-55	40-45	н/р	40-45	40-45	40-45	40-45	35-45	н/р
Нестійке зволож.		-	-	50-55	45-55	40-55	50-55	50-55	50-55	45-55	50-55

Форосна (2019 р.)	+	+								
Хоростків (2020 р.)										
Слобода-Комарівці (2021 р.)			+							
Виробники	Pioneer			Limagrein			MAS Seeds			RAGT semences
Гібриди	P62LE122	P64LE25	P62LL109	LG 5665 M	LG 5635	LG5478	MAS 82A	MAS 87A	MAS 81K	RGT WOLFF
Показники:										
Група стиглості	р/с	р/с	р/с	с/п	с/р	с/р	р/с	с/с	р/с	р/с
Використання	в/ол	в/ол	лін	кл	кл	Лін, в/ол	ол, в/ол	ЛІН	Лін, ол	Лін, ол
Середній діаметр кошика	н/д	15-18	до 20	15,6	15,5	17	н/д	18-22	20	16-18
Середня маса 1000 насінин	72	65	58	73	70	65	48-58	60-65	52-61	51
Вміст олії, %	50	52	53	47-49	50-52	48-50	52-56	47-50	50-52	54-56
Висота рослини, см	150	150 170	150	147	155	165	156	170 180	140-160	140-164
Потенціал урожайності, ц/га	45-48	47-50	50-52	50	50	до 50	40-50	54-57	59	45-50
Рекомендації з вирощування	Пол, ЛС, С	ЛС, С	ЛС, Пол., С (пн.)	ЛС, С	ЛС, С	ЛС, Пол., С (пн.)	ЛС, С	ЛС, С, Пол	ЛС, Пол, С,	ЛС, С
Рекомендована густота, тис. екз./га										
Достат. зволож.	55-60	45-50	60-65	55-60	до 55	До 55	55-65	60-65	60-65	60-65
Недостат. зволож.	50-55	45-50	55-60	50-55	45-50	45-50	50-55	50-55	55-60	55-60
Нестійке зволож.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45-50

Примітка: Група стиглості: р/с - ранньостиглий, с/с - середньостиглий, с/п - середньопізній, с/р - середньоранній. Використання: лін - лінолевий, в/ол - високоолеїновий, кл - класичний, тр - традиційний лінолевий. Рекомендована густота: н/р - не рекомендується. Рекомендації з вирощування: С - степ (Пн - північний, Ц - центральний), ЛС - Лісостеп, Пол - Полісся, Укр - вся територія України. н/д – немає даних

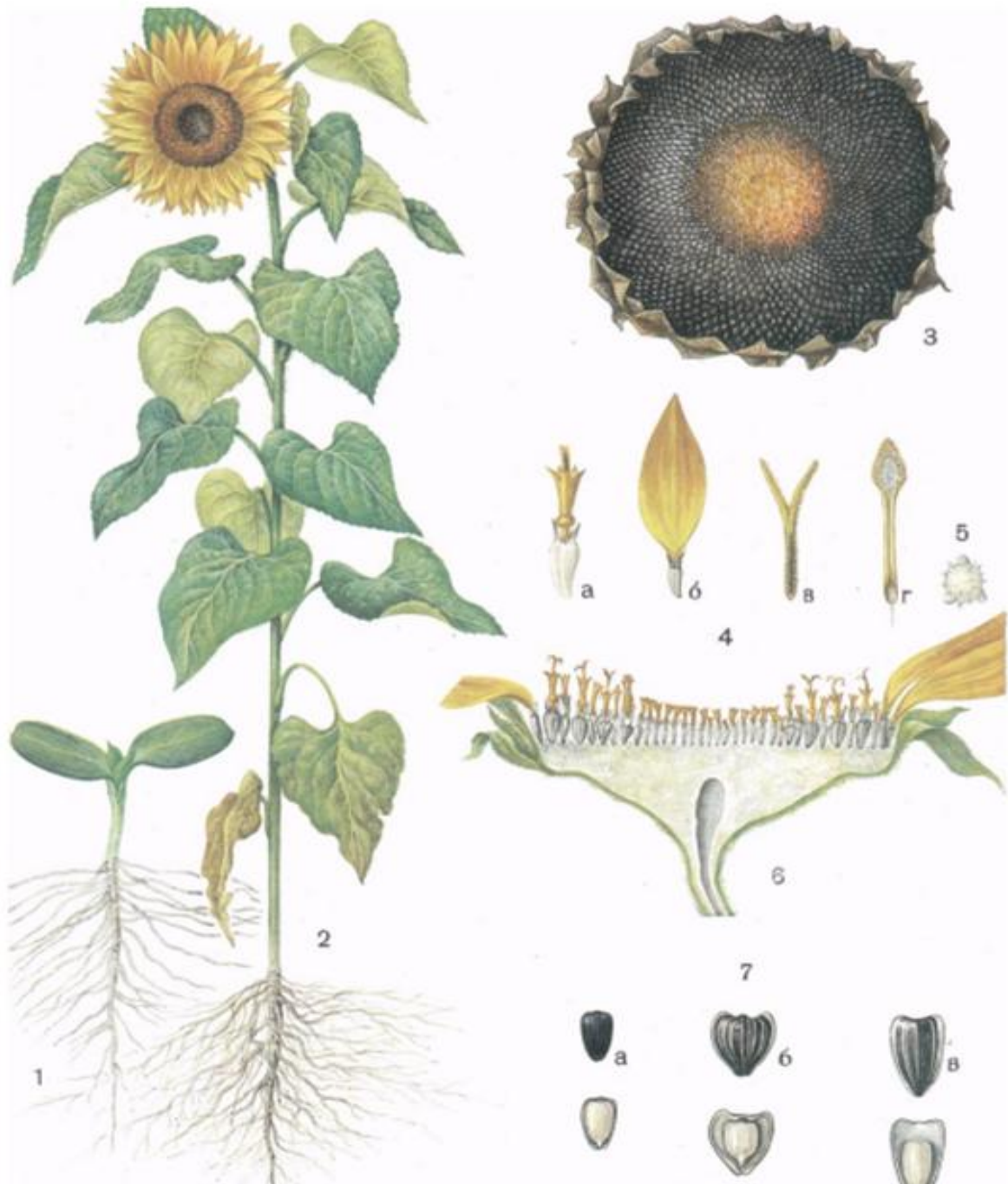
2.4. Ботаніко-екологічні особливості *H. annuus*

Соняшник однорічний або звичайний (*Helianthus annuus* L.) – це однорічна трав'яниста рослина з родини Айстрові (Asteraceae).

Стебло *H. annuus* сягає у висоту 1,2-1,5 м, іноді до 3 м, прямостояче, дерев'янисте, грубе, опушене волосками, які захищають від перегріву і випаровування вологи. Листки – серцеподібні, чергові, із загостреною верхівкою і зубчастими краями, на довгих черешках. Квіти в соняшника зібрані у суцвіття – кошики, який при досяганні має здебільшого опуклу, плоску або увігнуту форму. Верхівкові кошики до фази цвітіння (у стадії бутонів) повертаються протягом дня за сонцем, а потім – орієнтуються переважно на схід. Основа суцвіття складається з великого квітколожа. Квіти у соняшника бувають двох типів: язичкові, розташовані по краях, оранжево-жовті, великі, довжиною 4-7 см, зазвичай безплідні; приваблюють комах-запилювачів; і трубчасті – розташовані переважно в середній частині кошика, двостатеві, плодоносні, буро-жовтого кольору, вони складають основну масу і налічують від 500 до 2000 шт. Квітка має п'ять тичинок з вільними нитками та зрощеними пиляками. Віночок 5-тичленний (Гречка, Кулинич, 2023).

Коренева система *H. annuus* стрижнева, досить розгалужена, проникає у ґрунт на глибину 2-3 м. Від стрижневого відходять досить міцні й сильно розгалужені бічні корені, які залежно від зволоження ґрунту та розподілу поживних речовин утворюють 2-3 яруси сплечених коренів (Тимчишин, Рудавська, 2022). Цвіте соняшник у липні-серпні. Фаза цвітіння кошику триває 7-10 днів, а масиву культури – в залежності від погодних умов розтягується на 2-3 тижні та навіть на місяць. Плід – сім'янка – насінина, вкрита тонкою прозорою оболонкою і складається із зародка з сім'ядолями й корінця (Гречка, Кулинич, 2023).

Соняшник – відносно молода с/г культура, яку вирощують ~150 років. Історичні згадки про соняшник, як гарний медонос, датуються кінцем XIX ст., та пізніше – поч. XX ст. В Європу окультурений соняшник завезли в 1510 р. з Пн. Америки до Іспанії як декоративну рослину (Абріталіна та ін., 2020).



- | | |
|--|--|
| ➤ Домен: Еукаріоти (<i>Eukaryota</i>), | ➤ Клас: Дводольні (<i>Dicotyledoneae</i>), |
| ➤ Царство: Рослини (<i>Plantae</i>), | ➤ Порядок: Айстроцвіті (<i>Asterales</i>), |
| ➤ Відділ: Покритонасінні (<i>Magnoliophyta</i>), | ➤ Родина: Айстрові (<i>Asteraceae</i>), |
| | ➤ Вид: Соняшник однорічний (<i>Helianthus annuus</i> L.). |

Рис. 2.7. Ботанічна класифікація та зовнішній вигляд *H. annuus* і його окремих частин (за Полторецький, Полторецька, 2019)

Примітка: (1, 2 – рослини у періоди сходів і квітнування; 3 – спілий кошик; 4 – типи квітів та їх частини: (а) трубчаста, (б) язичкова, (в) маточка, (г) пиляк; 5 – пилькове зерно; 6 – суцвіття в розрізі; 7 – сім'янки, зовнішній вигляд й у розрізі соняшника: олійного (а), межеумка (б), лузального (в)).

Перші свідчення про вирощування *H. annuus* в Україні згадуються у «Травнику» («Zielnik») польського ботаніка Саймона Сиреніуса (S. Syrennius), датованому 1613 р., згідно яких соняшник на територію сучасної України потрапив із Польщі. За офіційними даними культура в Україну потрапила в XVIII ст. з Голландії та вирощувалася на той час в якості декоративної рослини, згодом – заради зерна, яке використовували в ласощі. В подальшому (у 50-60-х рр. XIX ст.) низкою досліджень було доведено значення соняшника як медоносної культури. При цьому, була звернута увага на використання бджіл для запилення соняшнику і можливість достатнього медозбору за наявності великої кількості нектару в його квітках, а також встановлено, що цукрова продуктивність соняшнику в значній мірі залежить від сортових особливостей, агротехнічних прийомів вирощування та метеорологічних умов (Гречка, Кулинич, 2023).

H. annuus – вибаглива культура, проте він достатньо пластичний і добре адаптується до умов вирощування. Тому при виборі ґрунтово-кліматичних умов вирощування необхідно враховувати біологічні особливості генотипу. Екологічна пластичність *H. annuus* ґрунтується на реакції генотипу на модифікації умов довкілля, які проявляються в фенотиповій мінливості. Вона обумовлює зміни сортової ознаки за результатами взаємодії систем «генотип – екологічне середовище» у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні (Домарацький та ін., 2025).

H. annuus – відносно теплолюбна рослина, його насіння починає проростати вже при температурі 2-5 °С, але оптимальною є 15-16 °С. Морозостійкість рослин соняшника повністю втрачається у період формування генеративних органів. Для дозрівання необхідна сума ефективних температур у межах 2300-2700 °С. Потреба у теплі, залежно від тривалості вегетації гібриду або сорту, різна. Так для скоростиглих сортів і гібридів сума температур вище 10 °С (активні температури) за період їх вегетації повинна дорівнювати не менше 1850 °С, ранньостиглих – 2000 °С, середньостиглих – 2150 °С (Тимчишин, Рудавська, 2022).

H. annuus є посухостійкою культурою і водночас вимогливою до вологи, особливо у період проростання насіння, цвітіння та наливу. Транспіраційний коефіцієнт становить 470-570. Оскільки соняшник має велику потужну кореневу систему, досягаючи вглиб до 3 м, то здатний витягувати необхідну кількість води (висушуючи іноді до 1,5 м верхнього шару ґрунту). На формування 1 центнера насіння рослина соняшника витрачає в середньому 140-180 т, що сумарно становить 3000-6000 т/га, з них 20-30% використовується в період сходи – утворення кошика, 40-50% – утворення кошика – цвітіння та 30-40% в період від цвітіння до дозрівання насіння.

H. annuus – світлолюбива культура, яка потребує інтенсивного сонячного освітлення. У випадку дефіциту світла або затінення рослини витягуються (в напрямку сонця), формують дрібні суцвіття та насінини. Соняшник, за відношенням до довжини дня, належить до групи нейтральних рослин, але під час цвітіння чітко проявляється позитивна реакція на тривалість світлового дня.

Культура вибаглива і до поживних речовин у ґрунті. Добре росте на різних типах чорноземах, каштанових, перегнійних і листяних ґрунтах. Пригнічення ростових процесів і розвитку культури відзначається на важких глинистих, кислих і засолених, схильних до заболочування, а також піщаних і супіщаних ґрунтах. Найбільш сприятливим для росту рослин є рН 6,0-6,8. Для формування 1 т насіння рослина потребує: азоту (N) – 50-60 кг, фосфору (P) – 20-25 кг і калію (K) 100-120 кг. *H. annuus* – калієфіл і може його засвоювати навіть з важкодоступних сполук. У вегетативних частинах рослини накопичується ~75 % калію, решта (~25 %) – в насінні. Тому урожайність соняшнику, особливо на ґрунтах з дефіцитом калію, безпосередньо залежить від підживлення калійними добривами (Тимчишин, Рудавська, 2022).

Сорти і гібриди *H. annuus* прийнято класифікувати за довжиною вегетаційного періоду на: скоростиглі (для періоду досягання яких потрібно від 70 до 100 днів), ранньостиглі (80-120 діб), середньостиглі (102-142 діб) і пізньостиглі (142 діб і більше). Впродовж вегетаційного періоду виділяють

наступні ключові фази розвитку культури: сходи, початок формування кошика, квітування та досягання. Від груп стиглості сорту чи гібриду *H. annuus* залежить тривалість міжфазних періодів. Це може становити: 14-26 діб – від посіву до сходів, 37-43 доби – від сходів до початку утворення кошику, 27-30 діб – від початку формування кошика до квітування, 44-50 діб – від квітування до стиглості (Дмитров, 2015).

Також сорти і гібриди *H. annuus* класифікують на основі морфологічних ознак, виділяючи такі типи:

- лузальний – має чітко виражене товсте, високе стебло (до 3-4 м), великий кошики (діаметром 17-46 см), широкі і крупні листки; крупні сім'янки з товстим оплоднем; ядро лише наполовину заповнює сім'янку; показник маси 1000 шт. – 100-200 г; лушпинність – 46-66 %, незначний вміст олії;
- олійний – стебло заввишки 1,5-2 м, відносно тонке; сім'янки дрібніші, ніж у лузального; ядро заповнює всю внутрішню порожнину сім'янки; лузга тонка, маса 1000 насінин – 50-100 г, лушпинність – 22-30 %; олійність – 48-50 %;
- межеумок – рослина проміжної групи, яка за одними ознаками (висотою і товщиною стебла, розмірами листя і кошиків) нагадує лузальний, за іншими (виповненістю сім'янок) – олійний (Абріталіна та ін., 2020).

Висновки до розділу 2

У розділі використана методологія польових і лабораторних експериментів відповідають поставленій меті і завданням досліджень.

Запропоновано та апробовано алгоритм методичного підходу до визначення структурних елементів урожаю *H. annuus* за різних умов доступу комах-запилювачів, який систематизує, поглиблює та удосконалює наявні методики аналізу впливу комахозапилення на продуктивність та урожайність соняшнику.

Розглянуто характеристику 20-ти досліджених гібридів *H. annuus*, що представляють 6-х виробників: «Syngenta», «Euralis», «Pioneer», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT».

Наведено змістовну коротку фізико-географічну та природно-кліматичну характеристику полігонів дослідження, а також ботаніко-екологічні особливості соняшника.

Виокремлено найінформативніші показники дослідження ефективності запилення гібридів соняшника: загальна кількість і маса сім'янок у кошику, виповненість насіння за зонами кошикового диску, лушпинність, маса 1000 насінин, олійність, натура. До вивчення окремих з них розроблені оптимальні методичні підходи. Обґрунтовано доцільність окремого визначення кількості, маси та виповненості сім'янок з 3-х умовних зон кошика, тоді як масу 1000 шт., натуру та олійність рекомендовано визначати у змішаній пробі з 1-го кошика. Також встановлено ефективність визначення олійності з необрушеного насіння, що не вимагає додаткової підготовки зразків до аналізу та значних часових витрат.

Такий підхід зекономив час опрацювання одного кошика та забезпечив необхідну статистичну вибірку для показників, що дозволило оцінити отримані експериментальні дані на високому рівні достовірності, на основі яких зроблено аналіз результатів у наступних розділах, обґрунтовано висновки та практичні рекомендації.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ФОНОВОГО КОМАХОЗАПИЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ *H. ANNUUS* ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ ЗАПИЛЮВАЧІВ У с. ФОРОСНА ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Характеристики показників продуктивності *H. annuus* обумовлюють формування попиту на той чи інший гібрид на ринку насіння (Зароченцева та ін., 2022а). Науковців вважають, що головними елементами структури врожайності соняшнику є загальна кількість та загальна маса насіння з одного кошика, маса 1000 насінин, натура, діаметр кошика, олійність, лущинність та деякі інші (Гарбар та ін., 2025; Домарацький та ін., 2020). На ці показники продуктивності рослин можна впливати, змінюючи їх у бажаному напрямі, використовуючи при цьому різні агротехнічні прийоми (Гарбар та ін., 2025). Одним із таких може стати бджолозапилення, яке дозволяє поліпшити показники якості і кількості урожаю соняшнику, навіть не зважаючи на самозапильність вирощуваних гібридів (Amarilla et al., 2025; Abbasi et al., 2021; Ali et al., 2015; Bartual et al., 2018; Padhy et al., 2024; Герасимюк та ін., 2025; Андрієнко та ін., 2016; Зароченцева та ін., 2022а,b; Кулинич, Соловйова, 2021; Сало, Данілова, 2022 та ін.). Так, правильне і своєчасне використання комах для запилення квітів *H. annuus* забезпечує прибуток урожаю на 2-5 ц/га (Сисоліна, Пономаренко, 2023). З переліку елементів структури урожаю соняшнику, ми обрали ті, що згідно літературним відомостям добре реагують на запилення комахами та мають економічне значення (Altayeb, Nagi, 2015; Kumar, Singh, 2003; Шамро та ін., 2017; Андрієнко та ін., 2016).

Отож, на 1-му році нашого експерименту, що здійснювався на полях у с.Форосна Чернівецької області (2019 р.) за умов вільного комахозапилення, ми провели визначення показників: загальної маси сім'янок кошика, маси 1000, олійності, лущинності (табл. 3.1), виповненості сім'янок (табл. 3.4), а також розраховали біологічну урожайність (табл. 3.5) для 14-ти гібридів, що представляють 5-ть компаній-виробників.

Таблиця 3.1

Показники продуктивності гібридів *Helianthus annuus* L. за різних умов доступу запилювачів
у с. Форосна Чернівецької області, 2019 р.

№ з/п	Виробник	Гібрид	Варіант дослід	Загальна маса насіння з кошика, г	Маса 1000 насінин, г	Олійність, %	Лущинність, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	«Euralis»	ES Bella	ізоляція (n=9)	$\frac{72,8 \pm 28,4}{24,9 \dots 129,4}$	$\frac{54,0 \pm 11,5}{37,2 \dots 74,9}$	$\frac{62,1 \pm 9,4}{43,7 \dots 73,3}$	$\frac{41,6 \pm 3,9}{35,6 \dots 46,5}$
2			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{82,4 \pm 30,6}{31,4 \dots 132,2}$	$\frac{52,8 \pm 12,1}{30,4 \dots 65,2}$	$\frac{70,4 \pm 7,2^*}{53,7 \dots 79,1}$	$\frac{41,9 \pm 7,1}{32,4 \dots 52,8}$
3		ES Rosalia	Ізоляція (n=9)	$\frac{105,9 \pm 29,4}{61,7 \dots 154,0}$	$\frac{62,0 \pm 9,4}{50,6 \dots 78,2}$	$\frac{69,4 \pm 5,5}{59,3 \dots 76,3}$	$\frac{45,2 \pm 4,3}{40,7 \dots 54,9}$
4			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{100,2 \pm 31,2}{44,3 \dots 139,7}$	$\frac{62,7 \pm 13,3}{42,9 \dots 82,4}$	$\frac{65,3 \pm 9,8}{49,3 \dots 78,5}$	$\frac{34,9 \pm 4,8^*}{28,6 \dots 39,4}$
5	«Syngenta»	NK Neoma	ізоляція (n=9)	$\frac{84,3 \pm 20,8}{61,2 \dots 111,6}$	$\frac{57,3 \pm 8,6}{47,0 \dots 69,2}$	$\frac{64,5 \pm 9,0}{51,5 \dots 77,8}$	$\frac{35,3 \pm 3,4}{31,1 \dots 41,1}$
6			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{95,9 \pm 28,2}{67,7 \dots 146,5}$	$\frac{70,2 \pm 10,3^*}{55,4 \dots 86,8}$	$\frac{63,4 \pm 10,2}{48,5 \dots 75,6}$	$\frac{36,4 \pm 3,6}{30,4 \dots 40,5}$
7		Sumatra	ізоляція (n=8)	$\frac{73,6 \pm 20,4}{44,3 \dots 100,6}$	$\frac{54,1 \pm 9,2}{40,9 \dots 68,0}$	$\frac{63,9 \pm 6,3}{52,8 \dots 74,0}$	$\frac{45,5 \pm 11,9}{34,1 \dots 72,8}$
8			вільне комахозапилення (n=8)	$\frac{84,2 \pm 37,8}{47,6 \dots 155,6}$	$\frac{53,2 \pm 7,3}{43,7 \dots 65,3}$	$\frac{67,1 \pm 4,7}{59,6 \dots 72,9}$	$\frac{42,9 \pm 7,6}{35,4 \dots 58,0}$
9		SY Experto	ізоляція (n=9)	$\frac{103,6 \pm 32,3}{62,4 \dots 161,7}$	$\frac{61,3 \pm 7,5}{50,8 \dots 72,3}$	$\frac{62,3 \pm 6,5}{53,0 \dots 72,0}$	$\frac{36,7 \pm 2,8}{33,5 \dots 40,7}$
10			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{117,1 \pm 36,0^*}{70,8 \dots 177,0}$	$\frac{75,6 \pm 13,1^*}{57,1 \dots 103,4}$	$\frac{67,1 \pm 5,5^*}{58,4 \dots 73,7}$	$\frac{38,4 \pm 5,0}{34,3 \dots 48,2}$

		Продовження таблиці 3.1					
1		3	4	5	6	7	8
11		SY Kupava	ізоляція (n=9)	$\frac{83,7 \pm 34,7}{38,8 \dots 149,1}$	$\frac{54,3 \pm 8,6}{41,4 \dots 67,3}$	$\frac{57,2 \pm 9,5}{45,8 \dots 74,4}$	$\frac{43,9 \pm 16,0}{34,1 \dots 85,2}$
12			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{72,2 \pm 26,0}{39,8 \dots 123,1}$	$\frac{54,9 \pm 15,4}{39,8 \dots 88,1}$	$\frac{57,3 \pm 8,3}{44,7 \dots 71,4}$	$\frac{38,7 \pm 9,8}{16,7 \dots 52,8}$
13		SY Lascala	ізоляція (n=9)	$\frac{83,1 \pm 36,4}{22,3 \dots 129,9}$	$\frac{56,0 \pm 12,3}{32,0 \dots 71,8}$	$\frac{62,2 \pm 9,7}{50,1 \dots 73,2}$	$\frac{38,1 \pm 5,7}{30,9 \dots 51,3}$
14			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{77,7 \pm 37,3}{16,9 \dots 122,2}$	$\frac{54,2 \pm 15,4}{28,8 \dots 76,6}$	$\frac{58,1 \pm 7,7}{48,0 \dots 67,2}$	$\frac{35,5 \pm 6,5}{19,3 \dots 40,3}$
15		NK Kondi	ізоляція (n=9)	$\frac{82,7 \pm 23,8}{46,8 \dots 126,3}$	$\frac{55,6 \pm 10,9}{39,0 \dots 69,7}$	$\frac{59,9 \pm 8,6}{44,4 \dots 70,8}$	$\frac{41,3 \pm 6,2}{33,5 \dots 54,9}$
16			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{90,1 \pm 22,6^*}{58,6 \dots 134,9}$	$\frac{64,2 \pm 8,5^*}{52,6 \dots 73,5}$	$\frac{65,8 \pm 8,0}{54,6 \dots 76,3}$	$\frac{34,2 \pm 5,7^*}{23,8 \dots 41,5}$
17	«Pioneer»	P62LE122	Ізоляція (n=9)	$\frac{94,5 \pm 20,7}{71,9 \dots 137,1}$	$\frac{51,1 \pm 12,3}{23,5 \dots 62,8}$	$\frac{50,0 \pm 8,3}{39,5 \dots 65,9}$	$\frac{60,2 \pm 7,7}{46,0 \dots 71,1}$
18			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{92,6 \pm 21,9}{58,9 \dots 132,0}$	$\frac{55,9 \pm 5,8}{47,5 \dots 63,2}$	$\frac{48,4 \pm 10,1}{37,4 \dots 67,4}$	$\frac{40,9 \pm 6,0^*}{28,9 \dots 48,5}$
19		P64LE25	ізоляція (n=8)	$\frac{88,5 \pm 31,9}{30,5 \dots 114,2}$	$\frac{55,8 \pm 13,7}{26,2 \dots 68,8}$	$\frac{44,7 \pm 5,7}{38,6 \dots 54,7}$	$\frac{57,5 \pm 4,9}{51,1 \dots 64,2}$
20			вільне комахозапилення (n=8)	$\frac{99,7 \pm 23,4}{67,7 \dots 130,7}$	$\frac{52,4 \pm 10,1}{40,2 \dots 63,9}$	$\frac{42,8 \pm 5,8}{36,5 \dots 50,7}$	$\frac{54,9 \pm 4,7}{47,7 \dots 60,2}$

Продовження таблиці 3.1							
1	2	3	4	5	6	7	8
21	«Limagrain»	LG5665M	ізоляція (n=6)	$\frac{91,1 \pm 50,2}{36,6 \dots 165,2}$	$\frac{61,4 \pm 23,4}{39,3 \dots 96,0}$	$\frac{49,7 \pm 13,9}{35,9 \dots 68,5}$	$\frac{62,4 \pm 20,1}{43,3 \dots 89,3}$
22			вільне комахозапилення (n=6)	$\frac{117,3 \pm 44,6}{50,4 \dots 161,5}$	$\frac{65,4 \pm 26,5}{44,9 \dots 104,6}$	$\frac{55,6 \pm 10,1}{36,7 \dots 65,2}$	$\frac{47,6 \pm 14,7^*}{35,4 \dots 76,3}$
23		LG 5635	ізоляція (n=9)	$\frac{83,9 \pm 29,3}{38,3 \dots 137,3}$	$\frac{65,5 \pm 14,2}{43,6 \dots 93,4}$	$\frac{59,0 \pm 8,6}{46,2 \dots 73,5}$	$\frac{53,7 \pm 12,8}{37,1 \dots 77,3}$
24			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{79,0 \pm 13,8}{58,2 \dots 99,2}$	$\frac{62,8 \pm 18,5}{16,4 \dots 78,0}$	$\frac{63,8 \pm 8,8}{46,1 \dots 75,1}$	$\frac{44,6 \pm 12,4}{30,4 \dots 70,8}$
25	«MAS Seeds»	MAS 82A	ізоляція (n=9)	$\frac{73,3 \pm 32,8}{35,9 \dots 136,2}$	$\frac{53,1 \pm 11,4}{42,2 \dots 68,2}$	$\frac{55,4 \pm 6,2}{48,6 \dots 68,4}$	$\frac{48,7 \pm 18,2}{32,5 \dots 82,4}$
26			вільне комахозапилення (n=9)	$\frac{83,8 \pm 45,2}{25,0 \dots 149,3}$	$\frac{56,5 \pm 20,1}{34,1 \dots 89,4}$	$\frac{61,0 \pm 9,1}{48,7 \dots 71,8}$	$\frac{38,6 \pm 3,9}{33,4 \dots 45,3}$
27		MAS 87A	ізоляція (n=7)	$\frac{71,5 \pm 25,1}{30,8 \dots 103,8}$	$\frac{58,6 \pm 15,6}{30,6 \dots 71,6}$	$\frac{57,9 \pm 11,0}{35,3 \dots 69,6}$	$\frac{37,2 \pm 2,6}{34,9 \dots 41,2}$
28			вільне комахозапилення (n=7)	$\frac{94,1 \pm 37,8^*}{42,9 \dots 153,5}$	$\frac{63,7 \pm 12,2}{46,1 \dots 80,9}$	$\frac{66,7 \pm 9,1^*}{55,5 \dots 79,8}$	$\frac{30,8 \pm 5,7^*}{25,6 \dots 38,3}$

Примітка: * – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізольованими кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вількоксона ($p < 0,05$);

у чисельнику перше і друге число відповідно – усереднений показник і стандартне відхилення; у знаменнику мінімальне і максимальне значення

Проведені нами визначення загальної маси сім'янок у кошиках *H. annuus* (табл. 3.1, рис. 3.1) виявили, що даний показник залежно від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіював у межах від $72,2 \pm 26,0$ г (наприклад, у рослин гібриду SY Курава за умов вільного комахозапилення) до $117,3 \pm 44,6$ г (у рослин гібриду LG 5665M за умов вільного комахозапилення); кратність змін між даними значеннями становить 1,6 рази.

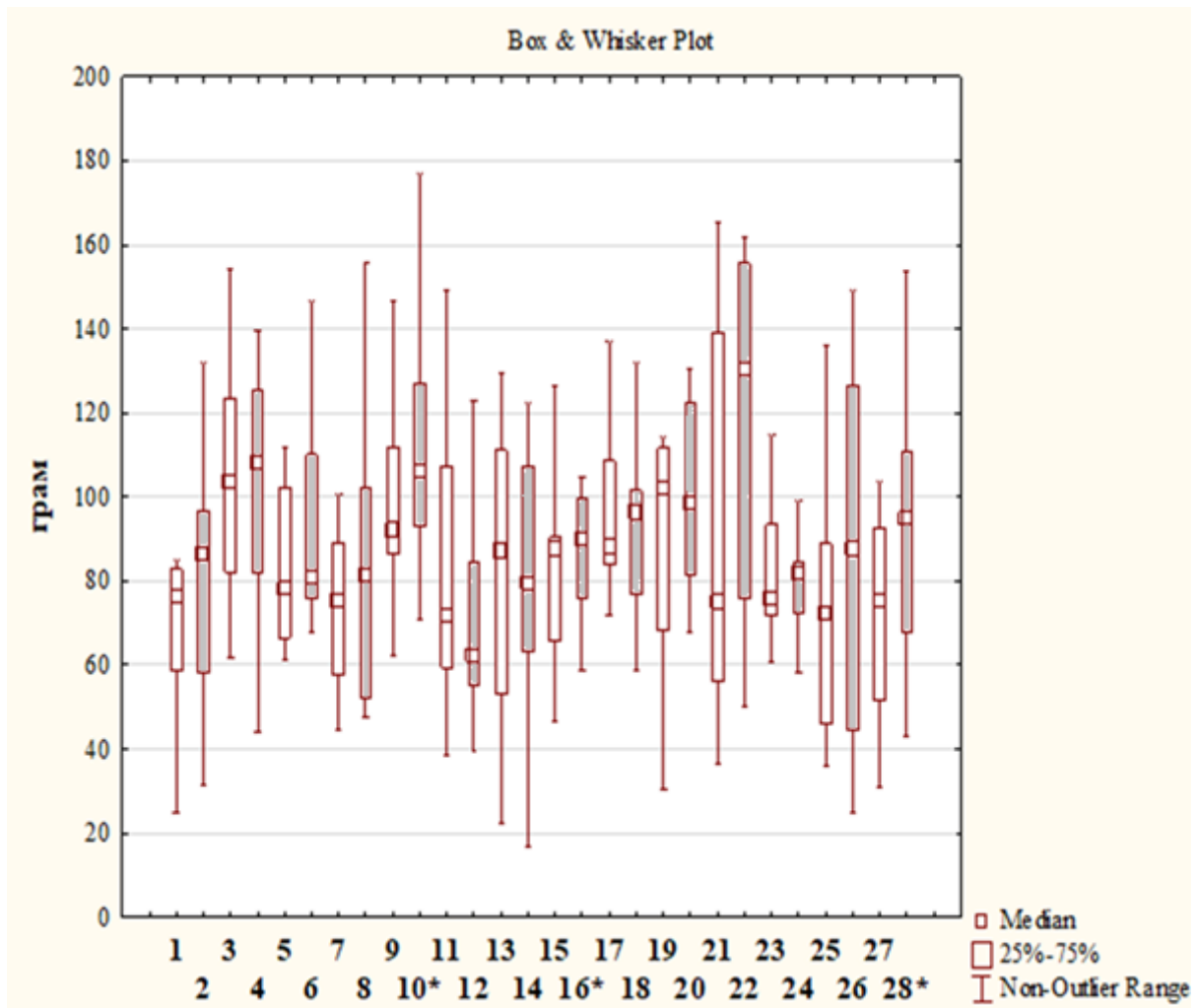


Рис. 3.1. Загальна маса сім'янок у кошиках досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), г

Примітка:

1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – NK Neoma; 7, 8 – Sumatra; 9, 10 – SY Experto; 11, 12 – SY Курава; 13, 14 – SY Lascala; 15, 16 – NK Kondi; 17, 18 – P62LE122; 19, 20 – P64LE25; 21, 22 – LG 5665 M; 23, 24 – LG 5635; 25, 26 – MAS 82A; 27, 28 – MAS 87A

тут і подалі * біля цифр в нижній шкалі – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізолюваними кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкоксона ($p < 0,05$)

бокси без заливки, позначені непарними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з ізолюваними кошиками;

бокси із заливкою сірого кольору, позначені парними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з вільним комахозапиленням

В окремих випадках варіабельність даних сягала й більших розмахів – досягаючи 5,6,7-микратної відмінності (наприклад, у рослин гібриду SY Lascale за умов вільного комахозапилення мінімальне значення зафіксовано на рівні 16,9 г, а максимальне – 122,2 г).

Відмітимо, що на рисунках 3.1, 3.3, 3.5, 3.7 візуалізацію даних подано, використовуючи медіанні значення, адже остання краще описує центральну тенденцію, є більш стійкою до викидів (ніж усереднений показник), оскільки не залежить від крайніх значень даних (Кулинич, Ярошук, 2023).

Досліджуючи вплив комахозапилення на даний показник встановлено, що за умов вільного комахозапилення у 9-ти з 14-ти досліджених гібридів значення помітно зростають (рис. 3.2). При цьому, достовірне підвищення даних зафіксоване у трьох гібридів, а саме у гібридів NK Kondi та SY Experto компанії «Syngenta», а також у гібриду MAS 87A компанії «MAS Seeds», де відсоток приросту значень склав 8,9 %, 13,0 % та 31,6 % відповідно (в середньому – на +17,8 %). Тобто дані гібриди продемонстрували «чутливість» щодо дефіциту комахозапилення, з яких найбільш сприятливий ефект комахозапилення виявлено для рослин гібриду MAS 87A. Зважаючи на достовірні зміни вагових характеристик гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних варіантів), можна побудувати наступний рейтинговий ряд чутливості гібридів до дефіциту запилювачів (в порядку спадання): MAS 87A → SY Experto → NK Kondi.

Схожі тенденції щодо позитивного впливу комахозапилення на вагові характеристики насіння соняшника виявлено й іншими дослідниками. Так, у експериментах (Amarilla et al., 2025) доведено, що за відсутності комах-відвідувачів соняшника маса насіння у кошику зменшувалася на 12,3 % (Amarilla et al., 2025). А при самозапиленні культури *H. annuus* насіння зав'язується дрібне, менш виповнене, воно повільно проростає і має недружні сходи (Кулинич, Соловйова, 2021). Експерименти проведені ізолюванням комахозапилення гібридних соняшників Silva C. та колег, довели, що

бджолозапилення значно сприяє зростанню загальної ваги насіння (до 91 %) та ненасичених жирних кислот на 0,3 % (Silva et al., 2018).

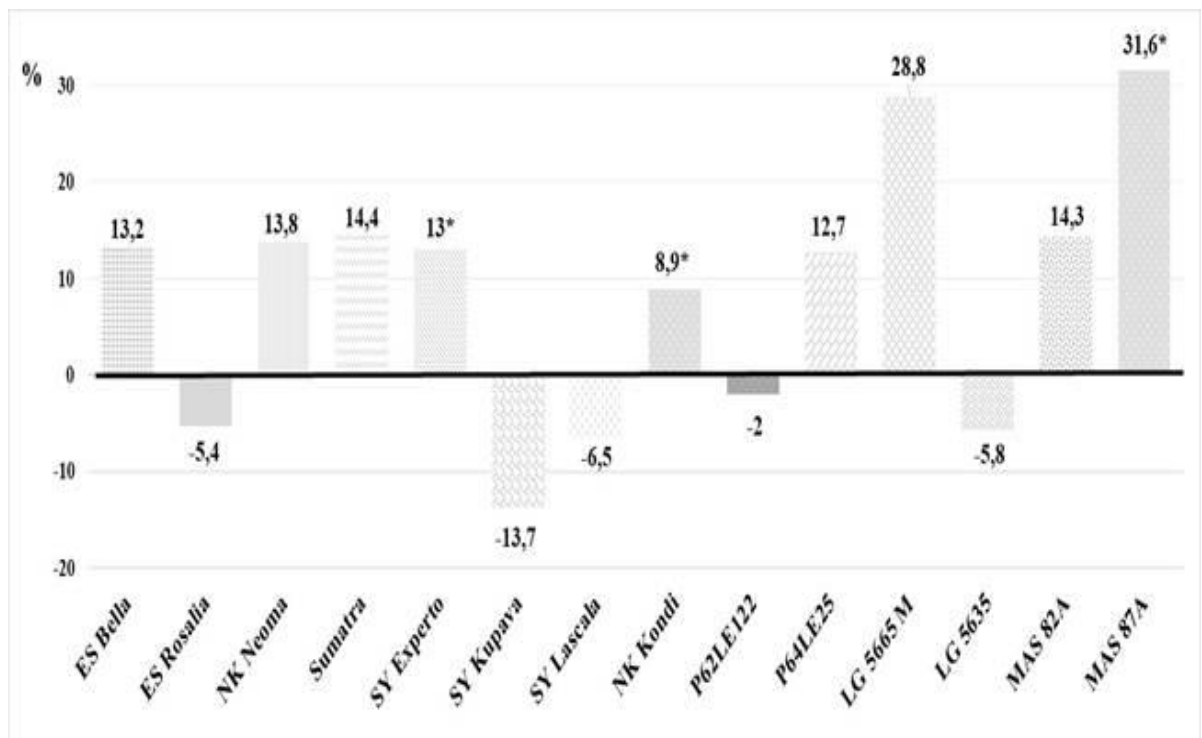


Рис. 3.2. Відсоток зміни загальної маси сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Інформативним елементом структури врожайності соняшника, який з одного боку демонструє насіннєву якість гібридів, а з іншого – визначає вихід олії, є показник маси 1000 сім'янок (Зароченцева та ін., 2022а). Опосередковано показник характеризує розміри та виповненість сім'янок. Проведені нами визначення маси 1000 сім'янок досліджених гібридів встановили, що для всієї генеральної сукупності діапазон показників коливався від 16,4 г (наприклад, у гібриду LG 5635 за умов вільного доступу комахозапилення) до 104,6 г (наприклад, у гібриду LG 5665M за умов вільного доступу комахозапилення).

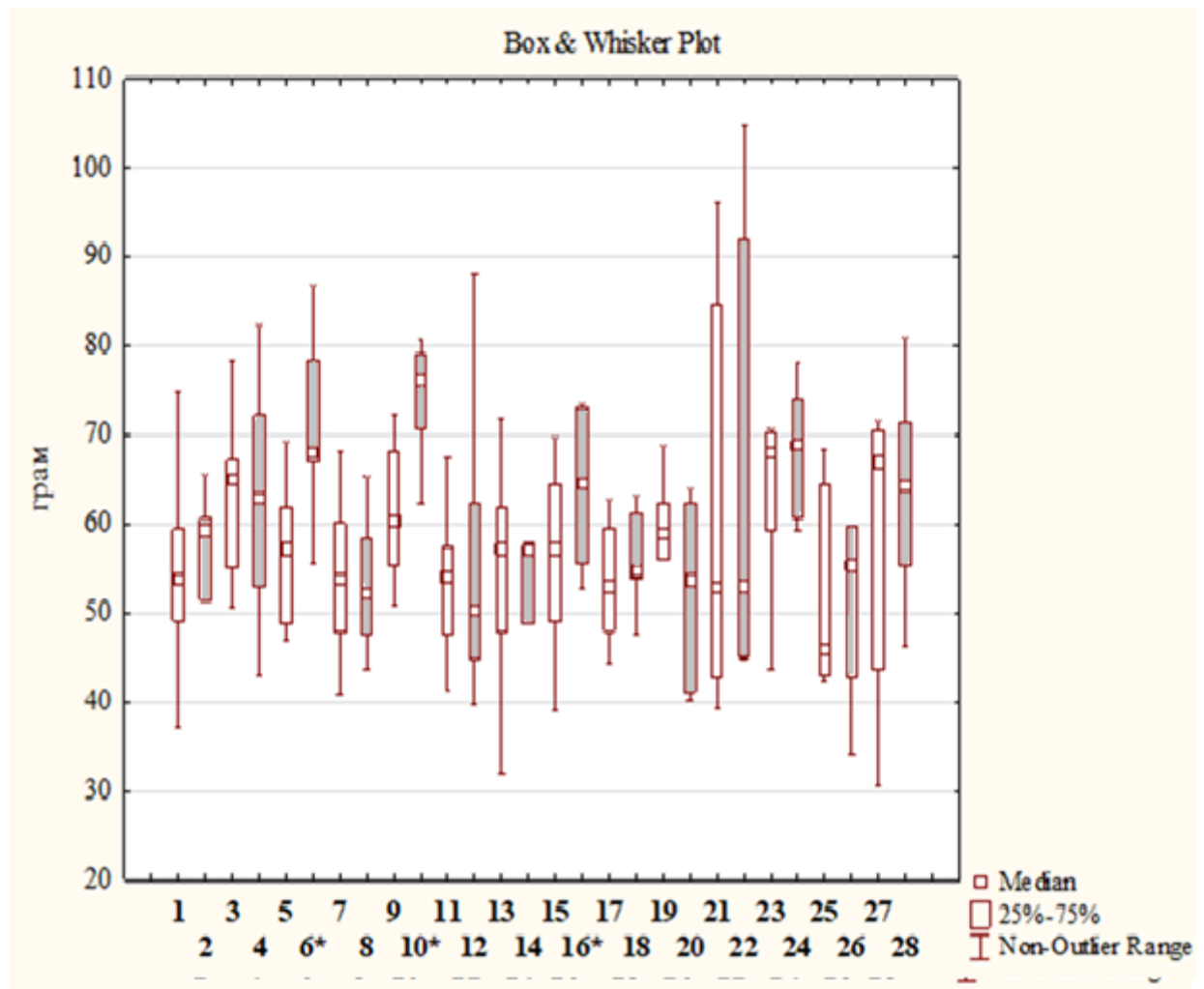


Рис. 3.3. Маса 1000 сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), г

Примітка:

1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – NK Neoma; 7, 8 – Sumatra; 9, 10 – SY Experto; 11, 12 – SY Kurava; 13, 14 – SY Lascala; 15, 16 – NK Kondi; 17, 18 – P62LE122; 19, 20 – P64LE25; 21, 22 – LG 5665 M; 23, 24 – LG 5635; 25, 26 – MAS 82A; 27, 28 – MAS 87A

Загалом, для 9-ти з 14-ти досліджених гібридів відмічено позитивну тенденцію щодо зростання маси 1000 сім'янок за умов вільного комахозапилення. При цьому, достовірна відмінність зафіксована лише у трьох гібридів компанії «Syngenta», а саме у: NK Neoma, SY Experto та NK Kondi, де відсоток зростання значень становив 22,5 %, 23,3 % і 15,5 % відповідно (в середньому – 20,4 %; рис. 3.4).

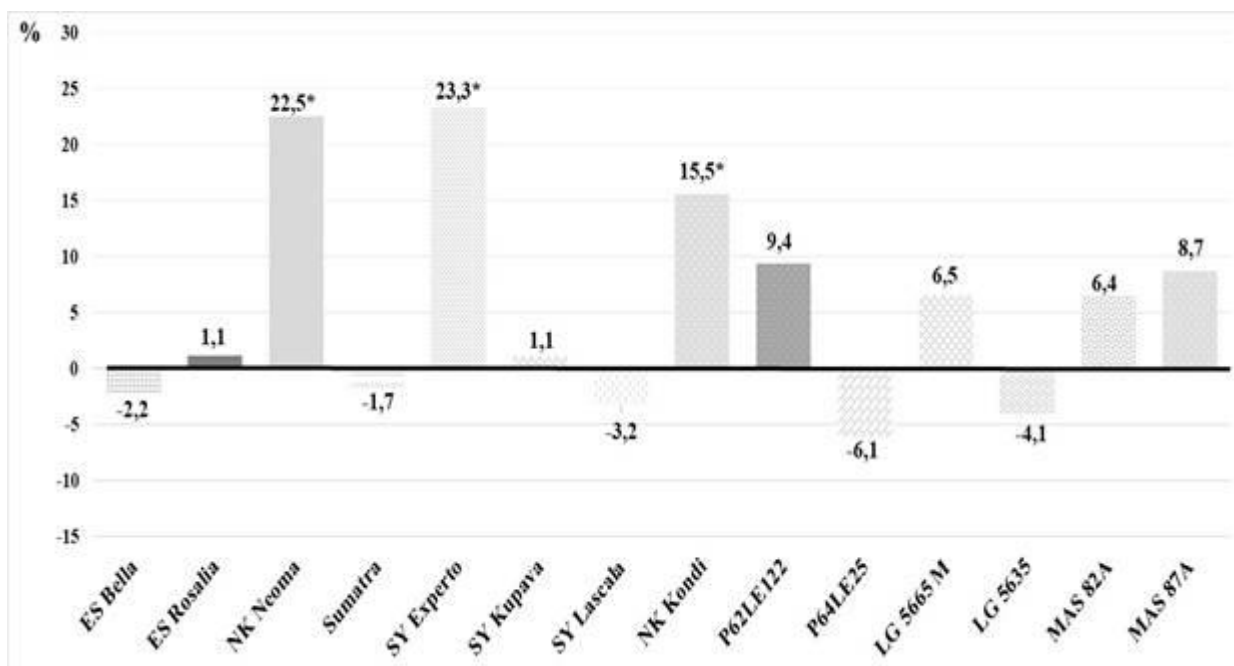


Рис. 3.4. Відсоток зміни маси 1000 сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Також отримані нами експериментальні середні значення маси 1000 сім'янок для кожного дослідженого гібрида було порівняно із потенціалом показника, вказаним виробниками. Так, виявлено, що маса 1000 сім'янок у більшій частині гібридів як у ізолюваних кошиках, так і за умов вільного запилення виявилася меншою від потенціалу (табл. 3.2). Водночас при співставленні значень у 7-ми досліджуваних нами гібридів (ES Rosalia, NK Neoma, SY Experto, SY Kupava, SY Lascala, MAS 82A, MAS 87A) все ж відмічено дещо кращі результати у рослин соняшнику за умов вільного комахозапилення, в порівнянні з ізолюваними рослинами (наприклад, якщо у гібриду SY Experto за ізоляції кошиків маса 1000 насінин продемонструвала зростання значень на 5,7 %, відносно даних, заявлених виробником, то за умов вільного комахозапилення – значення зросли на 30,3 %).

Одержані нами результати експериментальних досліджень узгоджуються з даними інших науковців, отриманими на різних сортах і гібридах *H. annuus*. Наприклад, в умовах Туреччини встановлено, що за умов

природного комахозапилення у соняшника значно зростає маса 1000 сім'янок, в порівнянні з ізолюваними кошиками (Calmasur, Ozbek, 1999). У експериментах Padhy D. з колегами доведено, що за умов бджолозапилення показник маси 1000 насінин зростає на 13,37-17,66 % (Padhy et al., 2024). Позитивний вплив комахо-запилення на вагові параметри насінин також згадується і в деяких інших роботах (Nemanth et al., 2020; Basavaraj et al., 2016; Mehmood et al., 2018).

Таблиця 3.2

Вказана виробником та отримана експериментально середня маса 1000 сім'янок гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області, 2019 р.

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, г		Потенціал показника (вказаний виробниками), г	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахозапилення		Ізоляція	Вільне комахозапилення
1	ES Bella	54	52,8	60	-10,0	-12,0
2	ES Rosalia	62	62,7	56-57	8,8	10,0
3	NK Neoma	57,3	70,2	62-68	-15,7	3,2
4	Sumatra	54,1	53,2	64-70	-22,7	-24,0
5	SY Experto	61,3	75,6	51-58	5,7	30,3
6	SY Kupava	54,3	54,9	48-53	2,5	3,6
7	SY Lascala	56	54,2	49-55	1,8	-1,5
8	NK Kondi	55,6	64,2	72	-22,8	-10,8
9	P62LE122	51,1	55,9	72	-29,0	-22,4
10	P64LE25	55,8	52,4	65	-14,2	-19,4
11	LG 5665 M	61,4	65,4	73	-15,9	-10,4
12	LG 5635	65,5	62,8	70	-6,4	-10,3
13	MAS 82A	53,1	56,5	48-58	-8,4	-2,6
14	MAS 87A	58,6	63,7	60-65	-9,8	-2,0

Примітка: при розрахунку відсотку зміни маси 1000 сім'янок в досліджуваних групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу ознаки

Наступним важливим інтегральним показником господарської цінності гібрида соняшнику є збір олії з одиниці площі (Гамаюнова, Павлов, 2025; Klymenko et al. 2022; Сендецький, 2021; Нестерчук, 2017; Плахотнюк, 2021; Кириченко та ін., 2022; Леонова та ін., 2016; Regitano Neto et al., 2016; Скидан, Скидан, 2017). Адже часто в реальних умовах високопродуктивний гібрид дає гарну урожайність, але виявляється низькоолійним; або навпаки – для гібриду відзначено недобір урожаю, але вміст олії виявився високим.

Проведені нами визначення *олійності* ядра сім'янок *H. annuus* (табл. 3.1, рис. 3.5) виявили, що даний показник в залежності від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіює в межах від $42,8 \pm 5,8$ % до $70,4 \pm 7,2$ %. Найменший рівень олії у сім'янках виявлено у гібридів компанії Pioneer (P62LE122 і P64LE25). Натомість найвищими показниками олійності характеризуються гібриди компаній Euralis (ES Bella) та Syngenta (NK Neoma, Sumatra, SY Experto).

Очевидно, що концентрація олії в соняшниковому насінні залежить від багатьох факторів: умов вегетації, рівня вологозабезпечення, агротехнічних заходів культивування тощо (Леонова та ін., 2016). Вважається, що кількість олії в насінні багатьох сучасних гібридів зберігає генетично закладений рівень навіть в екстремальних умовах (Коркодола, Макляк, 2023), втім результати наших досліджень засвідчили про ймовірність значної варіабельності показника як серед гібридів, так і в межах одного гібриду між ізольованими рослинами та за умов вільного комахозапилення (наприклад, у гібриду MAS 87A мінімальне значення в ізольованих рослин встановлено на рівні 35,3 %, натомість максимальне значення за умов вільного комахозапилення зростає у >2 рази, досягаючи рівня 79,8 %). Значна варіабельність даного показника спостерігається і у гібридів ES Bella (Euralis), NK Kondi (Syngenta), LG5665M (Limagrain). Зазначені спостереження помітно прослідковуються у випадку медіанного розподілу вибірки (рис. 3.5).

Деякі вітчизняні і зарубіжні науковці також вказують на високу варіабельність показника олійності у ядрі сім'янок, встановлених для олійних

гібридів соняшнику (Леонова та ін., 2016; Silva et al., 2018). При цьому, найбільшою мірою на вміст олії впливають сортові особливості, умови року досліджень і густота стояння рослин (Коркодола, Макляк, 2023). Науковцями повідомляється, що одним з агротехнічних прийомів, що сприяє зростанню вмісту жирів у соняшниковому насінні є бджолозапилення. Так, останнє може підвищувати показник олійності в середньому на 6 % (Amarilla et al., 2025), на 13 %, (Балдик, 2016), подекуди на 12-18 % (Aslan, Yavuksuz, 2010).

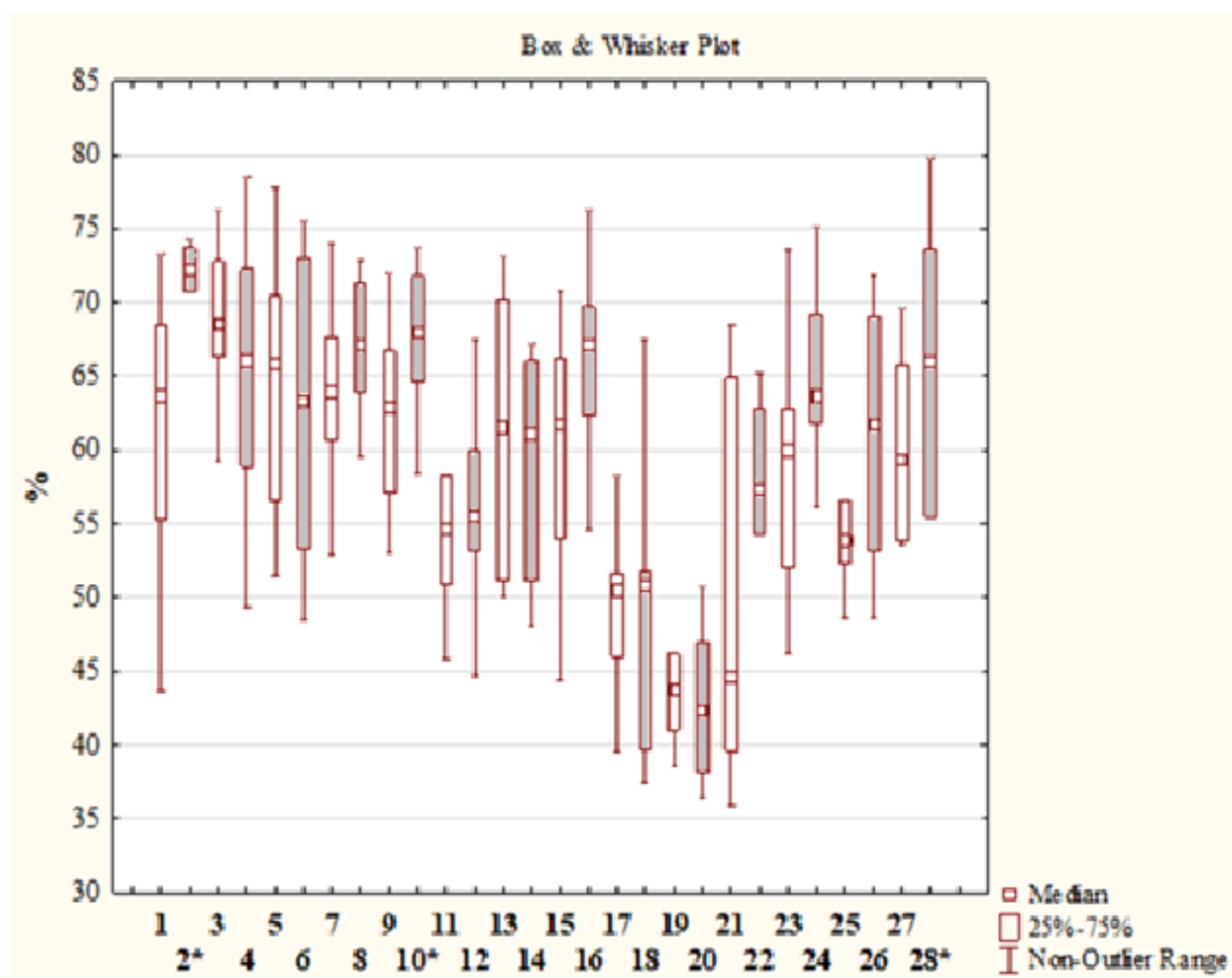


Рис. 3.5. Олійність ядра сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), %

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – NK Neoma; 7, 8 – Sumatra; 9, 10 – SY Experto; 11, 12 – SY Kupava; 13, 14 – SY Lascala; 15, 16 – NK Kondi; 17, 18 – P62LE122; 19, 20 – P64LE25; 21, 22 – LG 5665 M; 23, 24 – LG 5635; 25, 26 – MAS 82A; 27, 28 – MAS 87A

непарні цифри – дані наведені для рослин з ізольованими кошиками, парні – для рослин з достатньою кількістю комах-запилювачів

Загалом, у 9-ти з 14-ти досліджених гібридів виявлено позитивний вплив комахозапилення на збільшення вмісту олії у ядрах сім'янок рослин соняшнику. Але тільки для трьох гібридів підтверджена достовірна відмінність, а саме для: MAS87A, ES Bella та SY Experto, де у рослин за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних рослин) значення зростали на 15,2 %, 13,4 % та 7,7 % та відповідно (в середньому – на +12,1 %; рис. 3.6). Тому, для цих гібридів доцільно рекомендувати використання мобільних пасік для отримання більш продуктивної сировини.

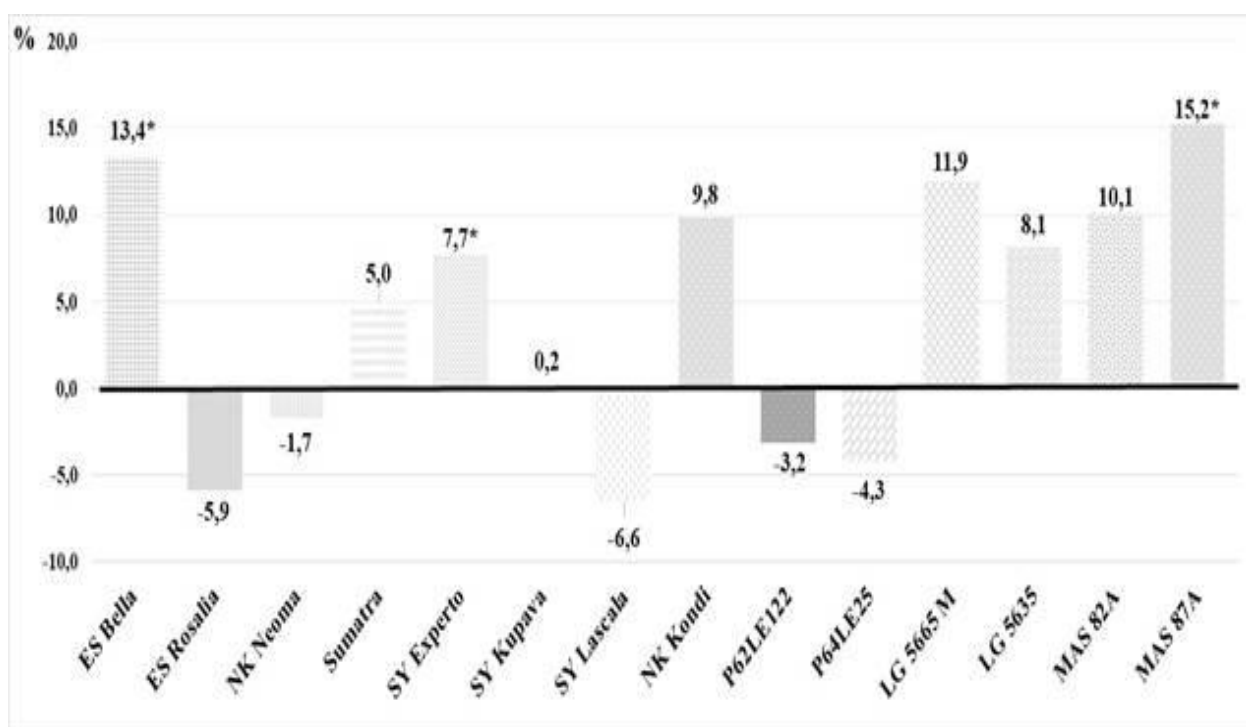


Рис. 3.6. Відсоток зміни олійності у ядрах сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Порівнюючи експериментально отримані нами середні значення олійності для кожного дослідженого гібрида з потенціалом показника, вказаним виробниками (табл. 3.3), встановлено, що майже в усіх варіантах (за винятком гібридів компанії Pioneer: P64LE25 та P62LE122) вміст олії виявився вищим за потенціал (в сім'янках ізолюваних кошиків в середньому на 17,3 %, в сім'янках рослин за умов вільного комахозапилення – на 23,5 %).

Таблиця 3.3

Вказана виробником та отримана експериментально олійність сім'янок гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), %

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, %		Потенціал показника (вказаний виробниками), %	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахозапилення		Ізоляція	Вільне комахозапилення
1	ES Bella	62,1	70,4	49-51	21,8	38,0
2	ES Rosalia	69,4	65,3	48-49	41,6	33,3
3	NK Neoma	64,5	63,4	51-53	21,7	19,6
4	Sumatra	63,9	67,1	50	27,8	34,2
5	SY Experto	62,3	67,1	48-49	27,1	36,9
6	SY Kupava	57,2	57,3	51-53	7,9	8,1
7	SY Lascala	62,2	58,1	50-52	19,6	11,7
8	NK Kondi	59,9	65,8	52-54	10,9	21,9
9	P62LE122	50,0	48,4	50	0,0	-3,2
10	P64LE25	44,7	42,8	52	-14,0	-17,7
11	LG 5665 M	49,7	55,6	47-49	1,4	13,5
12	LG 5635	59,0	63,8	50-52	13,5	22,7
13	MAS 82A	55,4	61,0	52-56	-1,1	8,9
14	MAS 87A	57,9	66,7	47-50	15,8	33,4

Примітка: при розрахунку відсотку зміни олійності в досліджуваних групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу ознаки

Ще одним структурним елементом, який враховують при обговоренні урожайності соняшнику є лушпинність (лузжистість), що вказує на наявність масової частки плодових оболонок від загальної маси його ядра (Черних та ін., 2025). Зазвичай, лушпиння соняшнику становить 21-35 % ваги насіння і, як правило, вважається побічним продуктом відходів після переробки насіння соняшнику. Показник характеризує фракційний склад соняшникового насіння

та корелює з масою 1000 сім'янок. На формування даного показника впливає сукупність факторів – від погодно-кліматичних умов навколишнього середовища (зокрема, в критичний період сівба-сходи) до тривалості періоду наливу ядра та інтенсивності накопичення сухих речовин, коли формується лушпиння з менш чи більш потовщеним шаром, що дозволяє захистити ядро (природний бар'єр) від негативного впливу зовнішніх чинників (Черних та ін., 2025). Насіння сучасних гібридів *H. annuus* стало дрібніше, однак менш лушпинне (Михайлов та ін., 2020).

Аналіз досліджених нами гібридів на предмет лушпинності сім'янок (табл. 3.1), показав, що значення в середньому змінювалися в межах від $30,8 \pm 5,7$ % (наприклад, у рослин гібриду MAS 87A за умов вільного комахозапилення) до $62,4 \pm 20,1$ % (наприклад, у ізольованих рослин гібриду LG5665M). Найбільшим розмахом в межах вибірки характеризувалися гібриди SY Kurava та LG5665M (рис. 3.7).

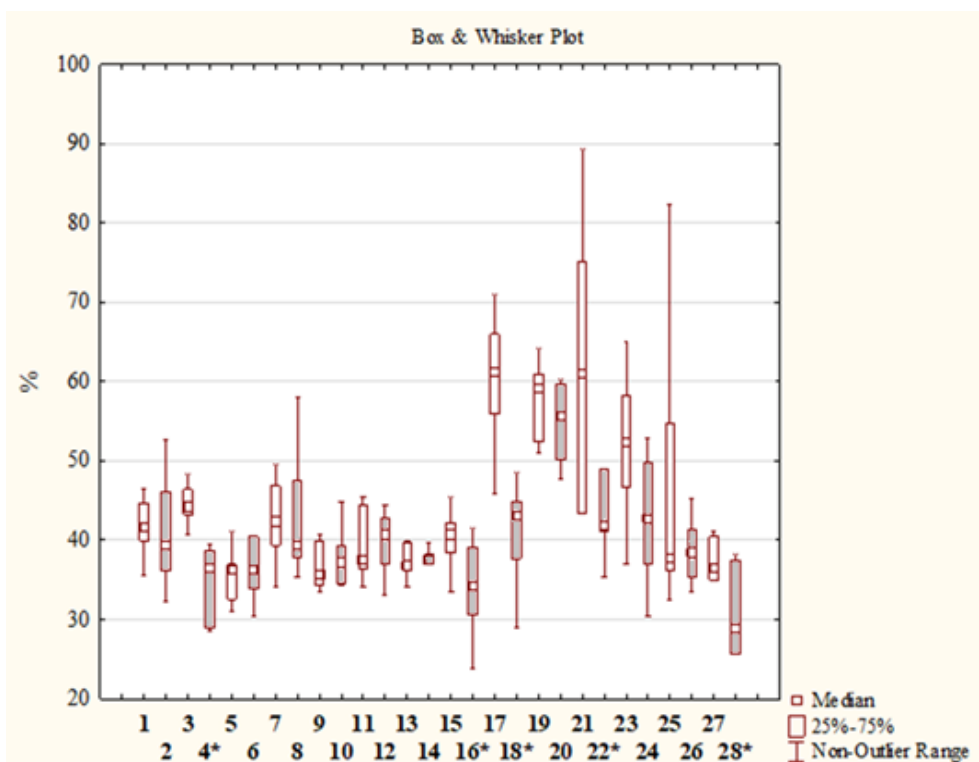


Рис. 3.7. Лушпинність сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), %

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – NK Neoma; 7, 8 – Sumatra; 9, 10 – SY Experto; 11, 12 – SY Kurava; 13, 14 – SY Lascala; 15, 16 – NK Kondi; 17, 18 – P62LE122; 19, 20 – P64LE25; 21, 22 – LG 5665 M; 23, 24 – LG 5635; 25, 26 – MAS 82A; 27, 28 – MAS 87A

Загалом, у 11-ти з 14-ти досліджених гібридів за умов вільного комахозапилення, відмічено нижчий відсоток лушпинності, у 5-ти з яких (ES Rosalia, NK Kondi, P62LE122, LG5665M і MAS 87A) зафіксовано достовірне зниження цього показника на 22,8 %, 17,2 %, 32,1 %, 23,7 % та 17,2 % відповідно (рис. 3.8), і в середньому – на -22,6 %. Останнє позитивно впливає на деякі інші якісні ознаки сім'янок, адже за низької лушпинності олійність дрібного насіння стає вищою. Крім того, у дрібного насіння лушпинність, зазвичай, нижча, тоді як частка маси ядра відносно більша, ніж у крупних сім'янок. Це зумовлено тим, що оплодень дрібного насіння має меншу товщину та щільніше прилягає до ядра (Борисенко, 2016). За оцінками науковців, середньостатистичне підприємство разом із лушпинням втрачає до 5,4 т/добу олії (Гладкий, Тарадайченко, 2012). Водночас зниження лушпинності у комахозапильних рослин *H. annuus* було експериментально підтверджено дослідниками в умовах Індії (Kumar et al., 2020).

Зважаючи на достовірні зміни зниження лушпинності у гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних варіантів), можна побудувати наступний рейтинговий ряд чутливості гібридів до дефіциту запилювачів (в порядку спадання): P62LE122 → LG5665M → ES Rosalia, → NK Kondi = MAS 87A.

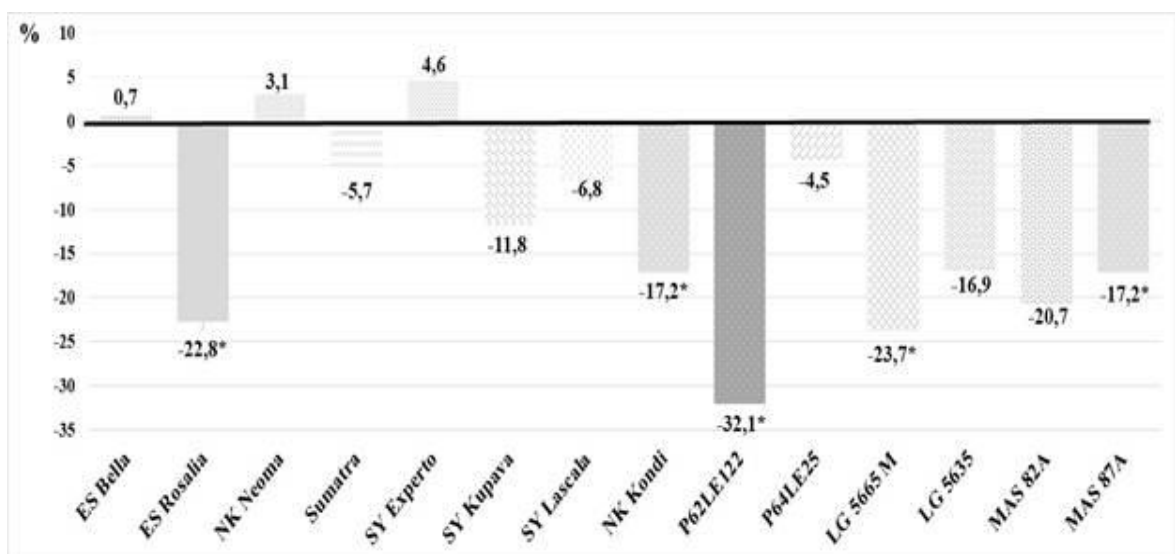


Рис. 3.8. Відсоток зміни лушпинності сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

З-поміж показників товарної якості насіння соняшнику важливе місце посідає об'єм сім'янок, оцінку якого здійснюють за показником їх виповненості. Останній відображає налив насіння та умови формування. Показник тісно пов'язаний із масою 1000 сім'янок і рівнем лушпинності. За оптимальних для наливу умов утворюються кошики з виповненими сім'янками, а за несприятливих умов – зростає частка пустозернистості (Зароченцева та ін., 2022а).

Загалом серед 14-ти досліджених гібридів у всіх траплялися кошики з невивповненими сім'янками (табл. 3.4). Щоправда, за умов вільного комахозапилення в окремих зонах кошика лише у гібридів SY Lascala (у периферійній зоні) та LG5635 (у периферійній та проміжній зонах) відзначено 100 % виповненість сім'янок. Останній став єдиним гібридом, у якого за умов ізоляції відсутні невивповнені сім'янки у периферійній зоні. Зважаючи на це, нами також проаналізовано як окремий показник частку кошиків, у яких виявлено невивповнені сім'янки у різних умовних зонах кошика (периферійній, проміжній, центральній). Так, у 11-ти з 14-ти досліджених гібридів виявлено відмінність між варіантами в умовах вільного комахозапилення та за умов ізоляції. У 7-ми з них (ES Bella, Sumatra, NK Neoma, SY Lascala, LG5635, MAS 87A, MAS 82A) найчастіше траплялися кошики з високою часткою невивповнених сім'янок у центральній зоні. В деяких гібридів (NK Neoma та MAS 82A), зокрема за умов ізоляції, центральна частина виявилася повністю невивповненою. У 2-х гібридів (P62LE122 та SY Курова) за різних умов доступу комах-запилювачів зустрічалися кошики з невивповненими сім'янками у проміжній і центральній зонах. У гібриду LG5665M помітно вищою є частка кошиків із невивповненими сім'янками в проміжній зоні за умов ізоляції. Нетипово високою для соняшників у гібриду ES Rosalia виявилася частка кошиків з невивповненими сім'янками у зовнішній та проміжній зонах.

Також нами проаналізовано зміни виповненості з урахуванням зонування в межах одного кошика. Так, з'ясовано, що частка невивповнених сім'янок у різних гібридів варіювала по-різному (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Показники виповненості сім'янок гібридів *H. annuus* за різних умов доступу
запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), %

Варіант дослідження	Периферійна зона кошика		Проміжна зона кошика		Центральна зона кошика	
	Частка кошиків з невиконаними сім'янками	Частка невиконаних сім'янок	Частка кошиків з невиконаними сім'янками	Частка невиконаних сім'янок	Частка кошиків з невиконаними сім'янками	Частка невиконаних сім'янок
1	2	3	4	5	6	7
1. ES Bella						
вільне комахозапилення	22,2	12,5	44,4	8,8	44,4	15,0
ізоляція	77,8	17,1	77,8	27,1	88,9	20,0
2. ES Rosalia						
вільне комахозапилення	44,4	7,5	66,7	12,5	44,4	10,0
ізоляція	66,7	17,5	66,7	22,5	44,4	18,8
3. NK Neoma						
вільне комахозапилення	11,1	5,0	33,3	6,7	44,4	9,4
ізоляція	33,3	5,0	66,7	8,3	100,0	11,3
4. Sumatra						
вільне комахозапилення	12,5	5,0	66,7	7,5	55,6	12,0
ізоляція	12,5	5,0	66,7	11,7	88,9	15,6
5. SY Experto						
вільне комахозапилення	11,1	5,0	33,3	6,7	33,3	6,7
ізоляція	22,2	5,0	66,7	11,7	66,7	15,0
6. SY Kupava						
вільне комахозапилення	22,2	5,0	100,0	11,7	100,0	11,7
ізоляція	22,2	5,0	100,0	13,8	100,0	13,8
7. SY Lascala						
вільне комахозапилення	0,0	0,0	22,2	5,0	22,2	6,7
ізоляція	11,1	10,0	22,2	10,0	33,3	8,3
8. NK Kondi						
вільне комахозапилення	33,3	5,0	33,3	10,0	22,2	12,5
ізоляція	33,3	5,0	33,3	13,8	22,2	15,0
9. P62LE122						
вільне комахозапилення	22,2	7,5	100,0	20,0	100,0	5,0
ізоляція	22,2	10,0	100,0	20,0	100,0	5,0
10. P64LE25						
вільне комахозапилення	33,3	7,0	11,1	8,3	22,2	7,5
ізоляція	33,3	40,0	33,3	10,0	33,3	11,7

Продовження таблиці 3.4						
1	2	3	4	5	6	7
11. LG5665M						
вільне комахозапилення	55,6	20,0	44,4	21,0	44,4	17,5
ізоляція	55,6	38,0	55,6	25,0	44,4	42,5
12. LG5635						
вільне комахозапилення	0,0	0,0	0,0	0,0	55,6	20,0
ізоляція	0,0	0,0	11,1	40,0	66,7	30,8
13. MAS 82A						
вільне комахозапилення	22,2	12,5	66,7	16,7	77,8	40,7
ізоляція	33,3	15,0	66,7	21,7	100,0	43,9
14. MAS 87A						
вільне комахозапилення	11,1	5,0	44,4	17,5	66,7	16,7
ізоляція	11,1	20,0	55,6	27,0	77,8	29,3

Для 8-ми з 14-ти досліджених гібридів встановлено помітну різницю між варіантами за умов вільного комахозапилення та в умовах ізоляції. Гібриди SY Experto і LG5635 продемонстрували зменшення пустозернистості у центральній та проміжній зонах кошика в понад 2 рази. Причому у 2-го гібриду за умов вільного доступу комах-запилювачів для відзначено 100% виповненість сім'янок у проміжній зоні кошика. Помітне зменшення пустозернистості в усіх 3-х зонах кошика у варіантах з комахозапиленням (відносно ізолюваних варіантів) зафіксовано у гібридів ES Rosalia та MAS 87A. Щоправда, в деяких інших гібридів за умов вільного комахозапилення також в окремих зонах відзначено зменшення пустозернистості, а саме: в LG5665M (центральна та периферійна зони), SY Lascale (проміжна та периферійна зони), P64LE25 (периферійна зона), MAS 82A (проміжна зона). Візуалізовану інтерпретацію даних щодо частки неповноцінних сім'янок за зонами кошика подано у додатку Е.

Загалом, для усіх 14-ти досліджених гібридів у с. Форосна (2019 р.) в тій чи іншій мірі за умов вільного комахозапилення в порівнянні з ізоляцією відзначено:

➤ зменшення частки кошиків, у яких виявлено невивірнені сім'янки в середньому на 23,5 % (у периферійній зоні – на 22,2 %, у проміжній – на 22,3 %, у центральній – на 25,9 %).

➤ зменшення частки невивірнених сім'янок у кошику в середньому на 9,1 % (у периферійній зоні – на 12,0 %, у проміжній – на 8,5 %, у центральній – на 6,9 %).

Результати нашого експерименту засвідчили, що для більшості досліджених гібридів елементом структури урожаю *H. annuus*, який найбільш чутливо реагує на дефіцит запилювачів, є вивірненість сім'янок (частка невивірнених сім'янок). Останній, згідно (Astiz et al., 2011), визначає ступінь автофертильності *H. annuus*. Спостережувані нами результати підтверджують судження деяких дослідників (Hernández, Pellegrini, 2019) щодо дивергенції невивірнених сім'янок соняшника на недорозвинені й абсолютно порожні. Андрієнко О. з колегами, досліджуючи можливі причини невивірненості насіння соняшника та кошика, серед низки причин зазначає й фактор недостатньої забезпеченості комахами-запилювачами (Андрієнко та ін., 2016).

В подальшому, на основі отриманих даних, нами здійснено розрахунки біологічної врожайності для 14-ти досліджених гібридів *H. annuus* (табл. 3.5). Так, виявлено, що у ґрунтово-кліматичних умовах с. Форосна Чернівецької області показники урожайності соняшника змінювалися в межах від 3,57 т/га до 5,86 т/га. При цьому, найменша урожайність встановлена для гібриду MAS 87A, зокрема для ізольованих рослин. Також низькі показники урожайності відзначені в більшості інших варіантах з ізольованими кошиками (наприклад, у гібридів ES Bella, Sumatra, MAS 82A тощо). Натомість високоврожайними виявилися гібриди SY Experto та LG5665M, особливо за умов вільного комахозапилення.

Порівнюючи отримані нами розрахункові значення біологічної урожайності з потенціалом урожайності, вказаним виробниками (табл. 3.5), встановлено, що більшість з досліджених гібридів показують біологічну врожайність, що наближається до потенціалу, а в деяких випадках і суттєво

перевищують його. Так, наприклад, помітно вищий приріст урожаю (відносно потенціалу) виявлено у гібридів SY Experto та LG5665M (на +27,4 % та +17,2 % відповідно) саме за умов вільного комахозапилення.

Таблиця 3.5

Порівняння біологічної врожайності, розрахованої для гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.),
із потенціалом урожайності, т/га

№ з/п	Назва гібриду	Розрахункові значення, (на основі експериментальних даних), т/га		Потенціал урожайності (вказаний виробниками), т/га	Відносна зміна розрахункових значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахозапилення		Ізоляція	Вільне комахозапилення
1	ES Bella	3,64	4,12	4,5	-19,1	-8,4
2	ES Rosalia	5,29	5,01	5,0-5,2	1,7	-3,7
3	NK Neoma	4,22	4,79	5,0	-15,6	-4,2
4	Sumatra	3,68	4,21	3,7-4,4	-16,4	-4,3
5	SY Experto	5,18	5,86	4,6	12,6	27,4
6	SY Kupava	4,19	3,61	5,0	-16,2	-27,8
7	SY Lascala	4,16	3,89	3,4-4,6	-9,6	-15,4
8	NK Kondi	4,14	4,50	3,8-5,2	-20,4	-13,5
9	P62LE122	4,73	4,63	4,5-4,8	-1,5	-3,5
10	P64LE25	4,43	4,98	4,7-5,0	-11,4	-0,4
11	LG5665M	4,55	5,86	5,0	-9,0	17,2
12	LG5635	4,20	3,95	5,0	-16,0	-21,0
13	MAS 82A	3,66	4,19	4,0-5,0	-26,8	-16,2
14	MAS 87A	3,57	4,61	5,4-5,7	-37,4	-19,1

Примітка: при розрахунку відсотку зміни біологічної урожайності в досліджуваних групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу урожайності

Загалом, у більшості гібридів за умов вільного комахозапилення значно краще проявився потенціал урожайності. Так, у 9-ти досліджених гібридів, 4-

ри з яких належать виробнику «Syngenta», встановлено зростання значень цього показника за умов вільного комахозапилення (рис. 3.9). При цьому відсоток збільшення біологічної врожайності за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізолюваними) коливається від 8,7 % (у NK Kondi) до ~29 % (у MAS 87A та LG5665M) і в середньому становить 16,7 %. У 5-ти гібридів за умов вільного комахозапилення виявлено зменшення біологічної врожайності порівняно з цим показником у ізолюваних кошиках; відсоток зменшення варіював від -2,1 % (у P62LE122) до -13,8 % (у SY Kupava), і в середньому становить -6,7 %.

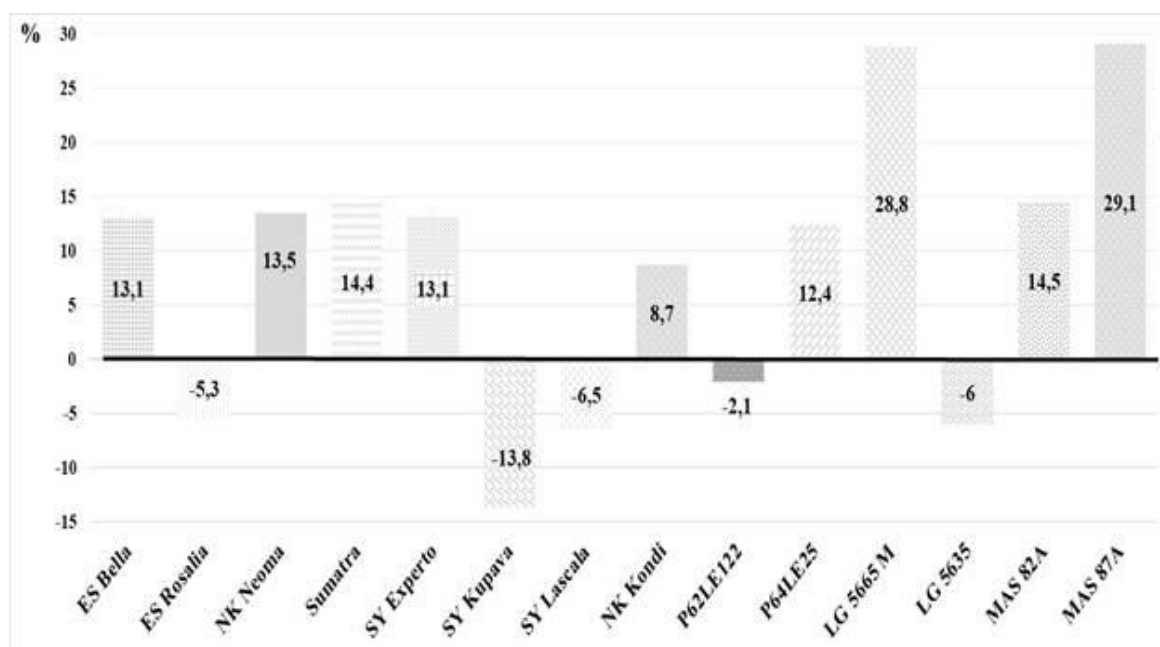


Рис. 3.9. Відсоток зміни біологічної врожайності гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Деякі науковці, як і в нашому випадку, відмічали відсутність покращення урожайності або зворотний вплив, отриманий для олійних гібридів соняшнику за умов вільного комахозапилення. Дослідники зробили висновок, що дані явища певною мірою пов'язані з варіаціями в частоті відвідування бджолами та ступені самофертильності (Mallinger, Prasifka, 2017), або ж тестовані гібриди мали частково високу самосумісність (Astiz et

al., 2011; Brewer et al., 2023).

Отже, досліджені гібриди по-різному реагували на комахозапилення, хоча у більшості випадків відзначено поліпшення якості насіння за умов вільного комахозапилення.

Якщо звернути увагу на статистично підтверджені поліпшення значень досліджених показників за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних варіантів), то бачимо наступне:

➤ у гібриду ES Bella компанії «Euralis» за показником олійності та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 13,4 % та 13,1 % відповідно;

➤ у гібриду ES Rosalia компанії «Euralis» за показником лушпинності відзначено зменшення значень на 22,8 %;

➤ у гібриду NK Neoma компанії «Syngenta» за показником маси 1000 сім'янок та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 22,5 % та 13,5 % відповідно;

➤ у гібриду SY Experto компанії «Syngenta» за показниками загальна маса сім'янок кошика, маса 1000, олійність та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 13 %, 23,3 %, 7,7 % та 13,1 % відповідно;

➤ у гібриду NK Kondi компанії «Syngenta» за показниками загальна маса сім'янок кошика, маса 1000 та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 8,9 %, 15,5 % та 8,7 % відповідно, а також зниження лушпинності на 17,2 %;

➤ у гібриду P62LE122 компанії «Pioneer» відзначено зменшення лушпинності на 32,1 %;

➤ у гібриду LG 5665 M компанії «Limagrain» відзначено зменшення лушпинності на 23,7 %;

➤ у гібриду MAS 87A компанії «MAS Seeds» за показниками загальна маса сім'янок кошика, олійності та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 31,6 %, 15,2 % та 29,1 % відповідно.

З-поміж досліджених гібридів *H. annuus*, суттєво помітний вплив комахозапилення за більшістю розглянутих показників встановлено для

рослин компаній «MAS Seeds» (MAS 87A) та «Syngenta» (NK Kondi та SY Experto), у яких відмічено достовірне зростання більшості показників саме за умов вільного комахозапилення, а також біологічної урожайності (на 29,1 %, 8,7 % та 13,1 % відповідно). Натомість відносна «незалежність» до комахозапилення спостерігається у гібридів рослин компаній «Syngenta» (SY Kurava, SY Lascala), «Limagrain» (LG 5635) та «Pioneer» (P64LE25).

При цьому, до відсутності комах-запилювачів в даних ґрунтово-кліматичних умовах найбільш чутливими виявилися показники загальної маси сім'янок у кошику, лущинності та виповненості сім'янок, тобто згадані параметри можуть виступати індикатором щодо дефіциту комах-запилювачів.

На підставі достовірно підтверджених результатів сформовано переліки гібридів *H. annuus* із різним ступенем їх чутливості до комахозапилення. Так, до гібридів, у яких значно поліпшуються показники структурних елементів урожаю соняшника за умов вільного комахозапилення в ґрунтово-кліматичних умовах Прут-Дністровської височинної області Зони широколистяних лісів України, належать: SY Experto, ES Bella, MAS 87A, NK Kondi. Для отримання з них високого потенціалу урожаю рекомендуємо доведення мобільних пасік по периметру поля (у розрахунку щонайменше один-два вулики на гектар). Гібриди, у яких відзначено достатньо високі показники продуктивності та урожайності соняшнику за умов ізоляції (SY Experto, ES Rosalia, NK Neoma) допускається розміщувати у центрі поля, де є ймовірність нестачі комах-запилювачів. Гібриди SY Kurava, SY Lascala, Sumatra продемонстрували нечутливість до наявності/відсутності комах-запилювачів. Тому їх доцільно висаджувати у середній частині поля або на ділянках, де є вірогідність дефіциту комах-запилювачів.

Висновки до розділу 3

На прикладі досліджених 14-ти гібридів *H. annuus*, вирощених в ґрунтово-кліматичних умовах с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), продемонстровано позитивний вплив комахозапилення на показники

продуктивності та біологічної урожайності. Зокрема, на основі усереднених значень для гібридів, що характеризувалися статистично достовірними змінами, встановлено:

- збільшення загальної маси сім'янок у кошику на ~ 9 -32 % (у середньому – на ~ 18 %),
- збільшення маси 1000 сім'янок на ~ 16 -23 % (у середньому – на ~ 20 %),
- збільшення олійності на ~ 8 -15 % (у середньому – на ~ 12 %),
- зменшення лушпинності на ~ 24 % (у середньому – на ~ 17 -32 %),
- зменшення частки кошиків, у яких виявлено невивірнені сім'янки в середньому на 23,5 % (у периферійній зоні – на 22,2 %, у проміжній – на 22,3 %, у центральній – на 25,9 %).
- зменшення частки невивірнених сім'янок у кошику в середньому на 9,1 % (у периферійній зоні – на 12,0 %, у проміжній – на 8,5 %, у центральній – на 6,9 %).

Встановлено закономірності просторового розміщення у кошику соняшника невивірнених сім'янок: у більшості гібридів від периферії до центру зростає кількість пустих чи недорозвинених насінин, з максимально високим відсотком їх зустрічальності у центральній зоні. Щоправда, спостерігається тенденція до зниження рівня невивірненості і в інших його зонах саме за умов вільного комахозапилення. Останнє помітно зменшило частку невивірненості сім'янок у 8-ми з 14-ти досліджених гібридів: SY Experto, SY Lascala, ES Rosalia, LG5665M, LG5635, P64LE25, MAS 82A, MAS 87A.

У 9-ти з 14-ти досліджених гібридів виявлено збільшення біологічної урожайності за умов вільного комахозапилення відносно ізольованих варіантів (в середньому на $+16,7$ %), з яких найвищий рівень відзначено у гібридів LG5665M та MAS 87A. Порівнюючи отримані результати з потенціалом урожайності, вказаним виробниками, найкраще себе продемонстрували гібриди SY Experto (компанії «Syngenta») та LG5665M (компанії «Limagrain»).

З-поміж розглянутих показників відносно найбільш інформативними

щодо дефіциту комах-запилювачів у даних ґрунтово-кліматичних умовах стали: загальна маса сім'янок у кошику, лущинність та виповненість сім'янок.

З-поміж досліджених гібридів соняшнику, суттєво помітний вплив комахозапилення за більшістю розглянутих показників встановлено для рослин компаній «MAS Seeds» (MAS 87A) та «Syngenta» (NK Kondi та SY Experto), у яких відмічено достовірне зростання більшості показників саме за умов вільного комахозапилення.

Ґрунтуючись на експериментально отриманих результатах, запропоновано рекомендації для агровиробників щодо просторового розміщення на виробничих полях окремих гібридів *H. annuus* із урахуванням їх індивідуальних потреб у забезпеченості необхідної кількості комах-запилювачів з метою отримання потенційно високих урожаїв.

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ФОНОВОГО КОМАХОЗАПИЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ РОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ *H. ANNUUS* L. ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ ЗАПИЛЮВАЧІВ У с. ХОРОСТКІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

На 2-му році нашого експерименту, що здійснювався на полях с.Хоростків Тернопільської області у 2020 р. за умов вільного комахозапилення, ми слідували алгоритму дослідження тих же показників, що і в попередньому році. Визначали показники: загальна маса сім'янок кошика, маса 1000 сім'янок, олійність (табл. 4.1) та розраховували частки невивірених сім'янок (враховуючи зонування кошика) і частки кошиків з невивіреними сім'янками (табл. 4.4), а також біологічну урожайність (табл. 4.5). Додатково, за пропозицією співробітників агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп», до обраних показників добавили натуру (табл. 4.1), натомість виключили лушпинність. Також нами було підраховано загальну кількість сім'янок у кошику (табл. 4.1).

Отож, проведені нами визначення *загальної маси сім'янок у кошиках H. annuus* (табл. 4.1, рис. 4.1) виявили, що даний параметр в залежності від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіював у межах від $49,9 \pm 9,7$ г (наприклад, у гібриду LG 5478 за умов ізоляції доступу комах-запилювачів) до $96,9 \pm 20,3$ г (наприклад, у гібриду ES Rosalia за умов вільного комахозапилення). Кратність змін між зазначеними середніми даними становить ~2 рази. В окремих випадках варіабельність даних сягала й більших розмахів (наприклад, у гібриду ES Bella за умов ізоляції мінімальні і максимальні величини відрізнялися у понад 3 рази), а в деяких – менших (наприклад, у гібриду MAS 81K).

Таблиця 4.1

**Показники продуктивності гібридів *Helianthus annuus* L. за різних умов доступу запилювачів
у с. Хоростків Тернопільської області, 2020 р.**

№ з/п	Виробник	Гібрид	Варіант досліду	Загальна маса сім'янок з кошика, г	Маса 1000 сім'янок, г	Олійність, %	Натура, г/дм ³	Загальна кількість сім'янок у кошику, шт.
1	Euralis	ES Bella	ізоляція (n=19)	$68,3 \pm 21,0$ 30,4...104,2	$40,6 \pm 3,4$ 39,0...41,7	$44,0 \pm 4,2$ 38,3...49,2	$333,9 \pm 41,6$ 221,0...414,2	$1620,7 \pm 494,6$ 721,0...2469,0
2			вільне комахозапилення (n=19)	$69,6 \pm 16,8$ 43,3...104,1	$41,1 \pm 0,7$ 40,3...41,6	$46,1 \pm 6,9$ 40,8...51,9	$454,7 \pm 58,3^*$ 393,2...501,4	$1693,7 \pm 407,8$ 1053,0...2533,0
3		ES Rosalia	ізоляція (n=16)	$84,5 \pm 15,8$ 52,8...113,7	$56,0 \pm 3,7$ 54,2...58,1	$49,1 \pm 5,4$ 42,7...53,0	$487,1 \pm 62,3$ 372,8...531,4	$1509,8 \pm 282,8$ 944,0...2032,0
4			вільне комахозапилення (n=16)	$96,9 \pm 20,3^*$ 54,6...139,9	$57,4 \pm 5,6$ 55,8...59,3	$49,7 \pm 3,0$ 44,6...52,7	$501,0 \pm 74,5$ 440,8...589,4	$1688,0 \pm 352,9^*$ 951,0...2439,0
5	Syngenta	SY Kupava	ізоляція (n=18)	$86,5 \pm 12,5$ 59,4...110,3	$52,4 \pm 1,1$ 51,1...53,3	$50,2 \pm 6,3$ 48,6...55,8	$421,4 \pm 53,8$ 384,8...496,2	$1650,6 \pm 238,3$ 1133,0...2105,0
6			вільне комахозапилення (n=18)	$88,0 \pm 12,9$ 62,8...105,9	$54,0 \pm 4,6$ 52,2...55,4	$51,7 \pm 7,4$ 43,5...56,5	$451,8 \pm 60,7$ 361,9...524,6	$1630,2 \pm 238,7$ 1164,0...1962,0
7	Limagrain	LG 5478	ізоляція (n=19)	$49,9 \pm 9,7$ 26,9...64,1	$31,7 \pm 2,8$ 31,0...32,5	$44,9 \pm 4,3$ 38,4...47,7	$406,2 \pm 46,5$ 361,1...436,8	$1575,6 \pm 304,4$ 849,0...2022,0
8			вільне комахозапилення (n=19)	$91,4 \pm 21,6^*$ 43,8...123,0	$50,8 \pm 4,8^*$ 50,1...51,6	$51,1 \pm 5,8^*$ 46,4...52,7	$496,0 \pm 41,1^*$ 402,1...573,7	$1797,3 \pm 424,6^*$ 861,0...2419,0
9	MAS Seeds	MAS 81K	ізоляція (n=16)	$75,5 \pm 7,9$ 68,9...96,1	$48,9 \pm 3,9$ 45,8...52,8	$44,3 \pm 4,0$ 39,4...48,6	$408,5 \pm 40,6$ 353,9...488,4	$1579,9 \pm 162,4$ 1409,0...1965,0
10			вільне комахозапилення (n=16)	$85,1 \pm 10,4^*$ 55,8...98,6	$54,5 \pm 5,1$ 50,2...58,0	$50,5 \pm 4,2^*$ 45,8...58,0	$452,9 \pm 73,2$ 374,5...522,1	$1561,7 \pm 190,8$ 1024,0...1809,0

Примітка: * – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізольованими кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкоксона ($p < 0,05$);

у чисельнику перше значення – усереднене значення, друге – стандартне відхилення; у знаменнику перше значення – мінімальне значення, друге – максимальне.

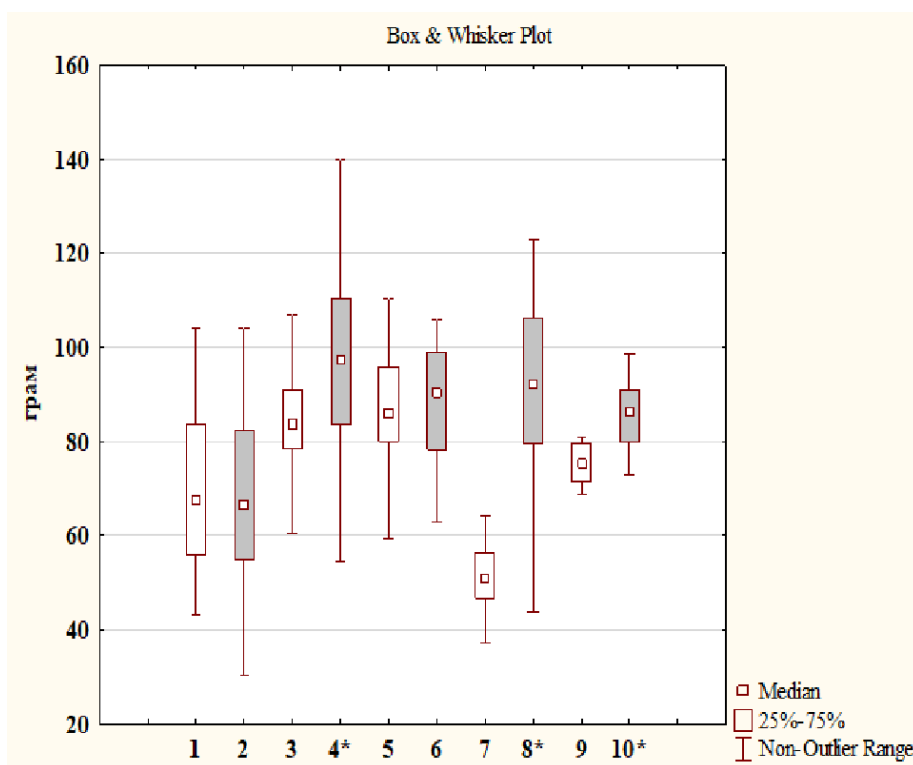


Рис. 4.1. Загальна маса сім'янок у кошиках досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), г

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – SY Kurava; 7, 8 – LG 5478; 9, 10 – MAS 81K

тут і подалі * біля цифр в нижній шкалі – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізолюваними кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкоксона ($p < 0,05$);

бокси без заливки, позначені непарними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з ізолюваними кошиками;

бокси із заливкою сірого кольору, позначені парними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з вільним комахозапиленням.

Відзначимо, що для всіх досліджених гібридів простежується позитивний вплив комахозапилення на збільшення загальної маси сім'янок у кошиках соняшнику (рис. 4.2). При цьому, достовірне зростання значень у рослин за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізолюваним варіантом) зафіксовано лише у 3-х гібридів: ES Rosalia, LG 5478 та MAS 81K – на 14,7 %, 83,2 % та 12,7 % відповідно (в середньому – на 36,9 %). Загалом, за чутливістю даного показника у досліджених гібридів до дефіциту комахозапилювачів (встановлено на основі достовірних відмінностей між групами рослин з вільним комахозапиленням та ізолюваними варіантами) можна побудувати наступний рейтинговий ряд (в порядку спадання): LG 5478 → ES

Rosalia → MAS 81K.

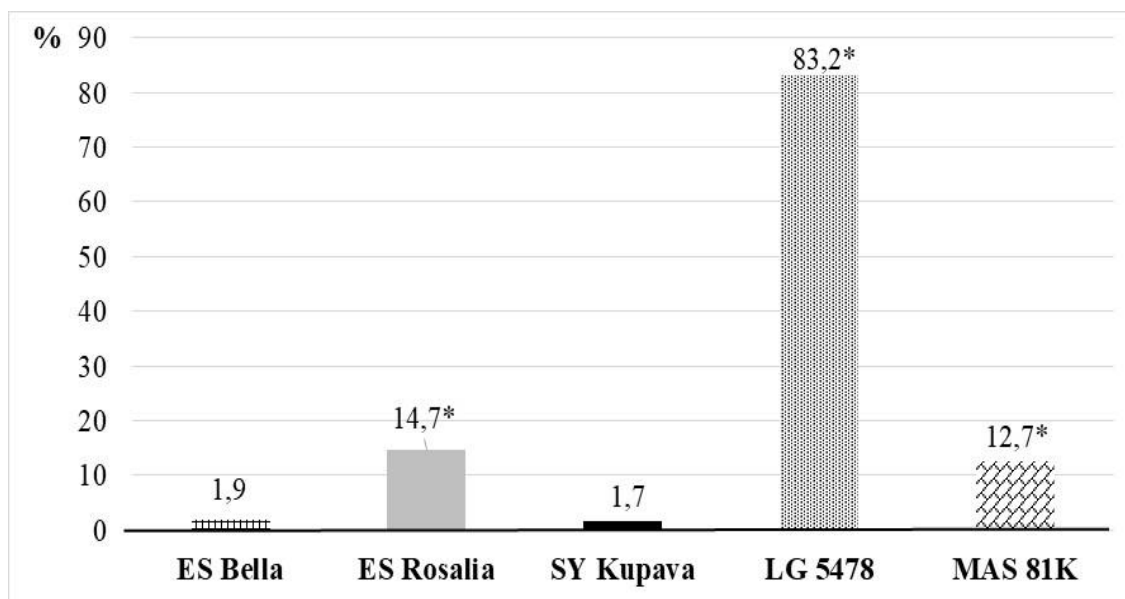


Рис. 4.2. Відсоток зміни загальної маси сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Маса 1000 сім'янок належить до найважливіших показників якості насіння соняшника, оскільки свідчить про їх виповненість і відображає сортову ознаку (Radić et al., 2013). Аналіз показників засвідчив, що маса 1000 сім'янок соняшнику (табл. 4.1, рис. 4.3), варіювала в межах від $31,7 \pm 2,8$ г (наприклад, у ізолюваних рослин гібриду LG 5478) до $57,4 \pm 5,6$ г (наприклад, у гібриду ES Rosalia за умов вільного комахозапилення). Відмінності між даними усередненими значеннями склали ~2 рази. Втім для більшості гібридів за різних умов доступу запилювачів не зафіксовано такого розмаху між усередненими значеннями, що вказує на відносно стабільний прояв генетичного потенціалу даної ознаки (за винятком гібриду LG 5478).

Загалом, для усіх гібридів зафіксовані ліпші значення показників за умов вільного комахозапилення (в середньому на +15,7 %; рис. 4.4). Проте достовірна відмінність встановлена лише для гібриду компанії «Limagrain» (LG 5478), де значення у рослин за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних), вищі на 60,3 %.

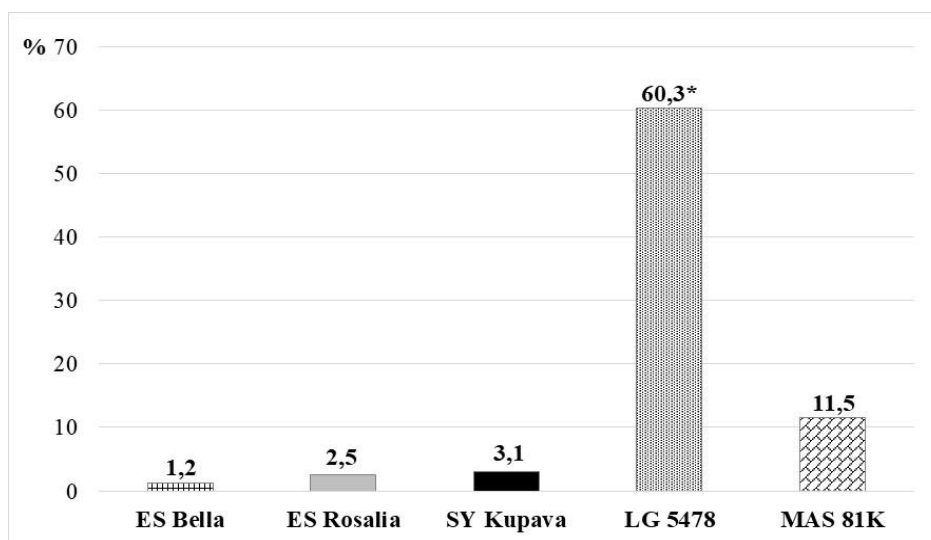


Рис. 4.3. Відсоток зміни маси 1000 сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахоzapилення відносно ізолюваних варіантів, %

Деякі науковці (Radić et al., 2013) зазначають, що маса 1000 сім'янок знаходиться під впливом генетичних та екологічних факторів і варіюється між різними видами рослин, сортами й гібридами та умовами вирощування. Мінливість розміру цієї ознаки характерна як для різних генотипів в одній місцевості, так і для одного генотипу в різних місцевостях (Marinković et al., 1994).

Оскільки маса 1000 сім'янок відноситься до ознак сорту і гібриду та є генетично детермінованою (Radić et al., 2013), то виробниками зазначаються потенціал даного показника, які прогнозовано можна очікувати. Так, при співставленні отриманих нами значень із потенціалом показника, вказаним виробниками, лише у одного гібриду (ES Rosalia), зокрема у рослин за умов вільного комахоzapилення, дані наблизилися до очікуваних результатів (табл. 4.2). У решті випадків значення маси 1000 сім'янок у соняшників, культивованих у даних ґрунтово-кліматичних умовах, не досягли прогнозованих виробниками величин, при цьому більш суттєвий недобір виражений в ізолюваних рослин (ніж у рослин за умов вільного комахоzapилення).

Таблиця 4.2

Вказана виробником та отримана експериментально середня маса 1000 сім'янок гібридів *H. annuus*, за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області, 2020 р.

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, г		Потенціал показника (вказаний виробниками), г	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахо-запилення		Ізоляція	Вільне комахо-запилення
1	ES Bella	40,6	41,1	60	-32,3	-31,5
2	ES Rosalia	56,0	57,4	56-57	-1,8	0,7
3	SY Kupava	52,4	54,0	62-68	-22,9	-20,6
4	LG 5478	31,7	50,8	65	-51,2	-21,8
5	MAS 81K	48,9	54,5	52-61	-19,8	-10,7

Проведені нами визначення *олійності* сім'янок *H. annuus* (табл. 4.1) виявили, що даний показник в залежності від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіює в межах від $44,0 \pm 4,2$ % до $51,7 \pm 7,4$ %. При цьому, найвищий вміст олії встановлений у гібриду компанії «Syngenta» (SY Kupava) за умов вільного комахозапилення, а найнижчий – у гібриду компанії «Euralis» (ES Bella) у рослин з ізольованими кошиками.

Загалом, для усіх гібридів простежується сприятливий вплив комахозапилення на поліпшення показника олійності (рис. 4.4): значення у рослин за умов вільного комахозапилення (відносно ізольованих варіантів) вищі на 1,2-14,0 % (в середньому на +7,4 %). При цьому, достовірні відмінності встановлені лише для 2-х гібридів: LG 5478 та MAS 81K, де за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізольованими рослинами) рівень олії зростав на 13,8 % та 14,0 % відповідно.

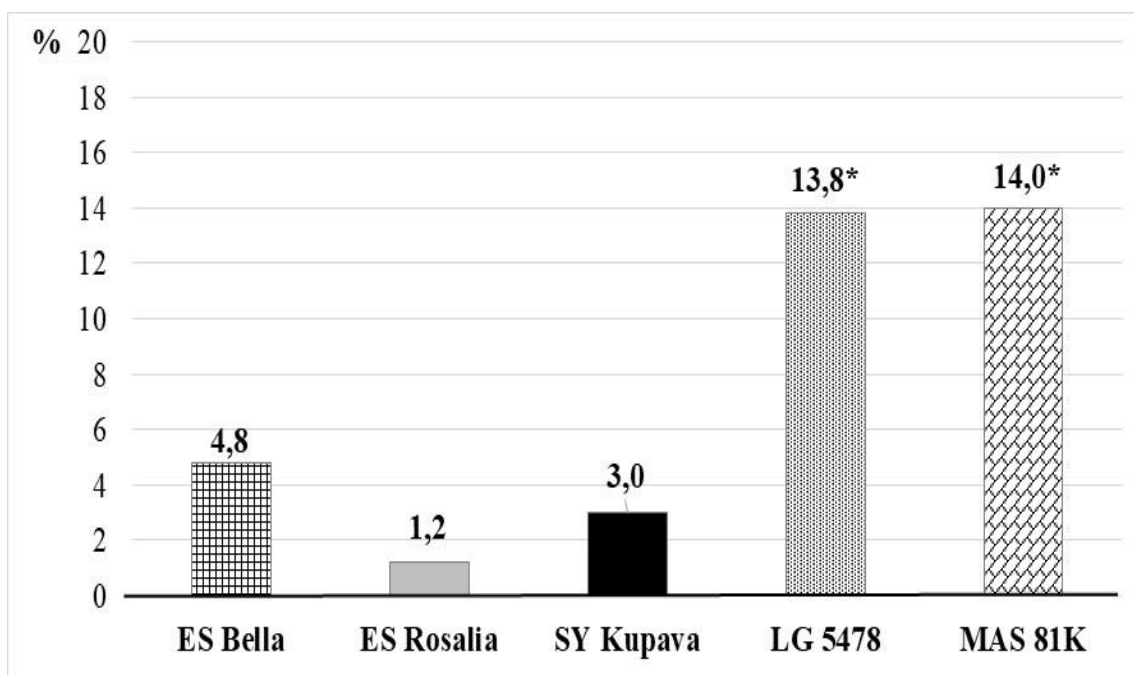


Рис. 4.4. Відсоток зміни вмісту олії у сім'янках гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Відмітимо, що даний показник у досліджених нами умовах та гібридів характеризується відносно невеликим розмахом значень. Адже, кратність змін між найнижчими та найвищими цифрами у різних групах складає 1,1-1,3 рази. Для порівняння, відмінності між мінімальними і максимальними значеннями для інших показників (наприклад, загальної маси сім'янок) сягають 3-4 рази.

Порівнюючи експериментально отримані нами середні значення олійності для кожного дослідженого гібрида з потенціалом показника, зазначеним виробниками (табл. 4.3), встановлено, що у більшості випадків, зокрема за умов вільного комахозапилення, відзначається наближення значень до потенціалу, а у двох гібридів (ES Rosalia та LG 5478) вміст олії виявився навіть дещо вищим за потенціал. І якщо за умов вільного комахозапилення для більшості гібридів показники олійності відрізнялися в незначній мірі від потенціалу, то в самоплідних рослин недобір виявився більш вираженим (на 5,3-14,8 % менші за потенціал).

Таблиця 4.3

Вказана виробником та отримана експериментально олійність сім'янок гібридів *H. annuus*, за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), %

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, %		Потенціал показника (вказаний виробниками), %	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахо-запилення		Ізоляція	Вільне комахо-запилення
1	ES Bella	44,0	46,1	49-51	-13,7	-9,6
2	ES Rosalia	49,1	49,7	48-49	0,2	1,4
4	SY Kupava	50,2	51,7	51-53	-5,3	-2,5
5	LG 5478	44,9	51,1	48-50	-10,2	2,2
6	MAS 81K	44,3	50,5	50-52	-14,8	-2,9

Примітка: при розрахунку відсотку зміни олійності в досліджуваних групах в порівнянні з потенціалом показника, вказаний виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу ознаки

У сучасних гібридів *H. annuus* олійність зберігає її генетично закладений рівень, навіть за різких змін погодних умов (Коркодола, Макляк, 2023). Втім за тривалих сильних посух (Regitano Neto et al., 2016) або ж за надмірного зволоження (Гамаюнова, Павлов, 2025b) спостерігається зменшення вмісту олії у соняшниковому насінні. Також скорочення вмісту жирів у сім'янках соняшника може бути результатом надлишку внесення азотних добрив (незважаючи на позитивний вплив нітрогену на вегетативну масу і накопичення білка; Нестерчук, 2017; Плахотнюк, 2021) чи мікродобрив (Гамаюнова, Павлов, 2025а). Деякими науковцями (Нестерчук, 2017) вказується і про скорочення умовного виходу соняшnikової олії з одиниці площі (до 20,4-22,5 %) при загущенні чи зменшенні посів (наприклад, до 30 або 60 тис./га).

Наступним дослідженням нами показником була натура, що характеризує масу насіння в певному об'ємі (Покопцева та ін., 2017). Проведені нами визначення *натури* сім'янок *H. annuus* (табл. 4.1) виявили, що даний показник

в залежності від гібриду і умов доступу запилювачів варіює в межах $333,9 \pm 41,6$ г/дм³ (наприклад, у гібриду ES Rosalia за умов вільного комахозапилення) до $501,0 \pm 74,5$ % (наприклад, у гібриду ES Bella у рослин з ізолюваними кошиками). Тобто відмінність між згаданими середніми значеннями складає 1,5 рази; подекуди дещо вище (наприклад, між мінімальними та максимальними величинами гібриду ES Bella у рослин з ізолюваними кошиками відмінність становила 2 рази), що вказує на незначну варіабельність даних.

Загалом, для усіх гібридів простежується сприятливий вплив комахозапилення на поліпшення показника натурі – на 2,9-36,2 % (в середньому на +15,8 %; рис. 4.5). Втім, достовірні відмінності встановлені лише для 2-х гібридів: ES Bella та LG 5478, де за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізолюваними рослинами) значення збільшуються на 36,2 % та 22,1 % відповідно (в середньому на – +29,1 %).

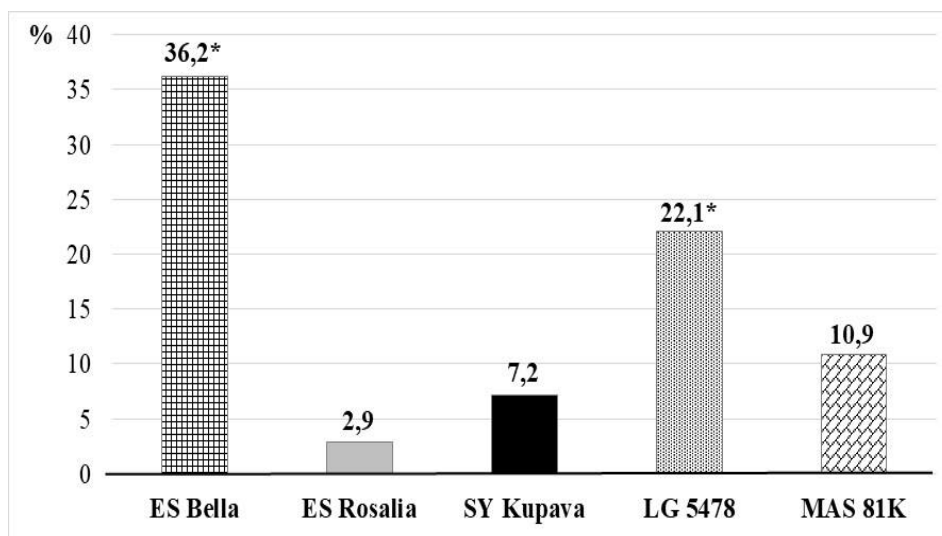


Рис. 4.5. Відсоток зміни натурі сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Деякі науковці повідомляють, що натура сім'янок часто визначається генетичними особливостями гібриду та сорту соняшника, але суттєво залежить від вологості насіння і їх засміченості (Кривошеєва, 2020). Зниження значення показників натурі з підвищенням вологості,

обумовлене набуханням насіння та збільшенням з цієї причини шпаринності насіннєвої маси (Михайлов та ін., 2020). Натура характеризує дрібність сім'янок, відповідно залежить і від величини насіння, його форми, стану поверхні, щільності прилягання, ступеня наливу, вирівняності, олійності, зокрема, співвідношення жирової і не жирової частин ядра (Федоряк та ін., 2023). В цілому на даний показник впливає низка чинників, з-поміж яких домінуючими все ж виступають технологія вирощування і кліматичні умови (Покопцева та ін., 2017).

Як зазначають науковці (Kendarini et al., 2025), однією з найбільш значимих безпосередніх ознак, що впливає на зростання урожайності соняшника, є *кількість сім'янок на рослину*. Тому на 2-му році нашого експерименту до вже розглянутих показників нами до уваги було взято і показник загальної кількості сім'янок у кошику. Так, виявлено, що сумарне число насінин у кошику *H. annuus* (табл. 4.1) в залежності від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіює у межах від $1509,8 \pm 282,8$ шт. (наприклад, у ізолюваних рослин гібриду ES Rosalia) до $1797,3 \pm 424,6$ шт. (наприклад, у гібриду LG 5478 за умов вільного комахозапилення). Кратність змін між вказаними усередненими значеннями сягає незначна (1,2 рази). Втім між мінімальними і максимальними значеннями майже у кожного гібриду прослідковується розмах даної ознаки (рис. 4.6), де відмінність сягає 2, 3 і більше раз (наприклад, в рослин з ізолюваними кошиками гібриду ES Bella, кратність змін між мінімумом і максимумом становила понад 3 рази). Лише у гібриду MAS 81K спостерігається відносно найменший розмах значень.

У 3-х з 5-ти досліджених гібридів *H. annuus* відзначено сприятливий вплив комахозапилення на загальне число насінин у кошику (рис. 4.7). Щоправда, лише для ES Rosalia та LG 5478 даний факт підтверджений достовірними відмінностями, де за умов вільного комахозапилення значення зростають (відносно ізолюваних варіантів) на 11,8 % та 14,1 % відповідно (в середньому – на +13,0 %).

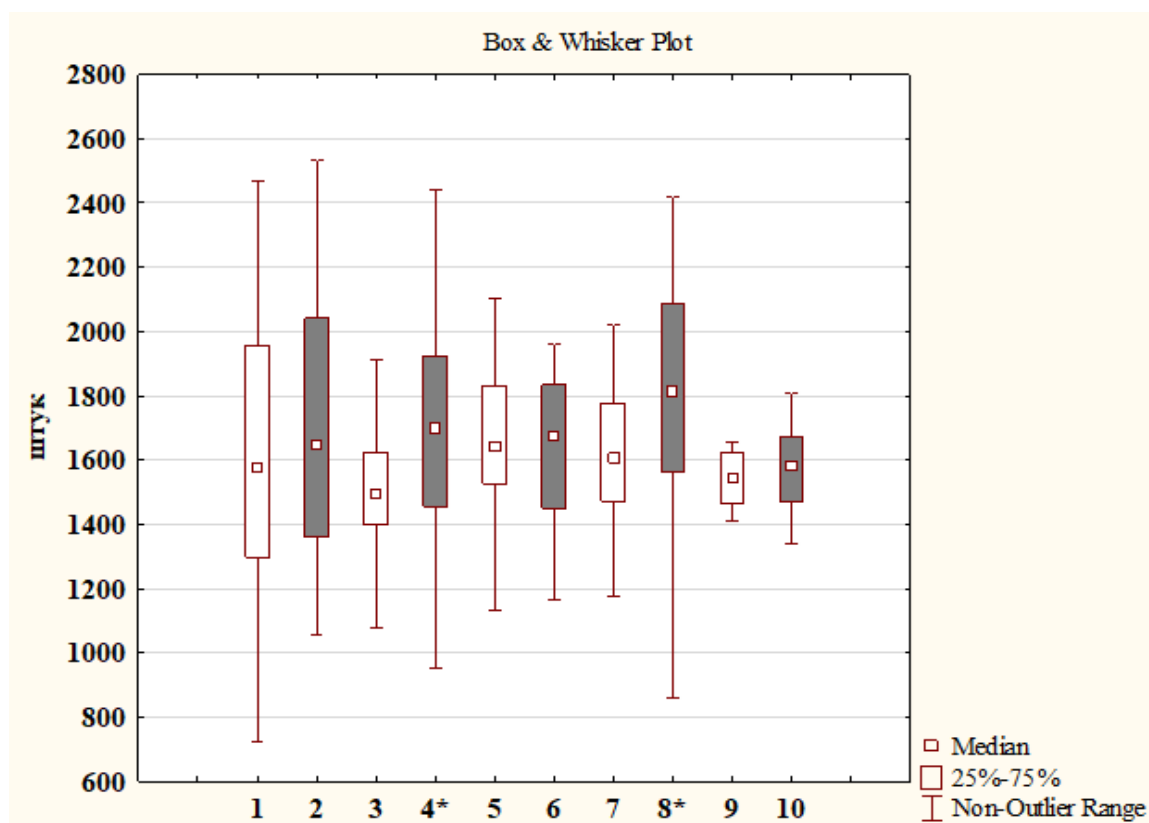


Рис. 4.6. Загальна кількість сім'янок у кошиках досліджених гібридів

H. annuus за різних умов доступу запилювачів

у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), шт.

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Bella; 3, 4 – ES Rosalia; 5, 6 – SY Kupava; 7, 8 – LG 5478; 9, 10 – MAS 81K

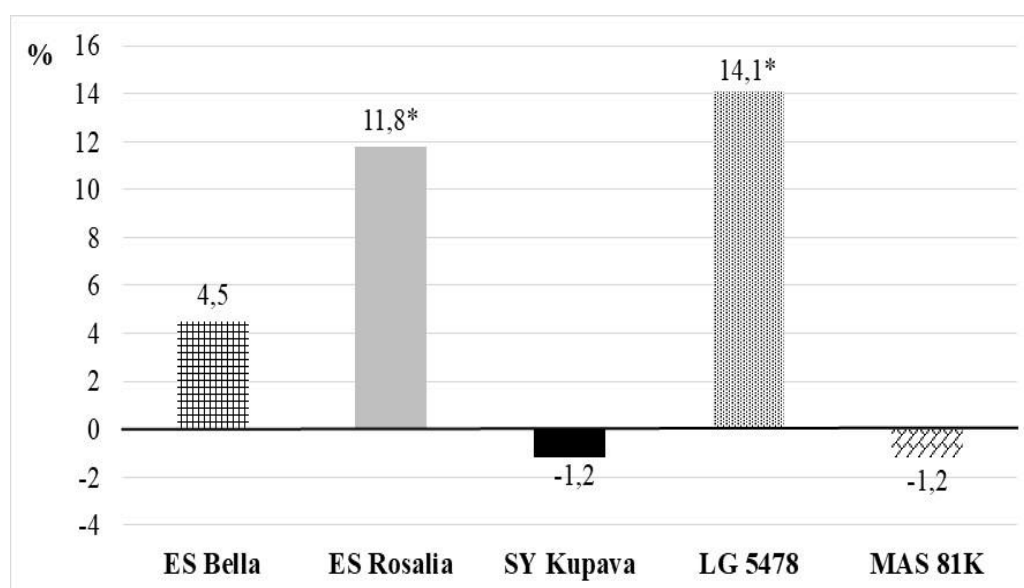


Рис. 4.7. Відсоток зміни загальної кількості сім'янок у кошиках гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

У низці досліджень повідомлялося, що види комах-запилювачів, такі як *A. mellifera*, сприяють кращому зав'язуванню насіння соняшника з точки зору кількості та ваги (Jadhav et al., 2011; Rajasri et al., 2012; Martin et al., 2016), тоді як у випадку обмеження доступу запилювачів у гібридів соняшнику може зменшуватися зав'язування насіння до 18-25 % (Mallinger, Prasifka, 2017). Тобто, наявність та активність комахозапилення безпосередньо впливає на зав'язування та якість сім'янок соняшника, як було виявлено і в деяких інших дослідженнях (Padhy et al., 2024; Iqbal et al., 2022; Muhammad et al., 2021) та нами.

Аналізуючи виповненість сім'янок, зокрема, такий показник як частку кошиків *H. annuus*, що містять невивпнені сім'янки у периферійній, проміжній та центральній зонах (табл. 4.4), нами виявлено, що усі досліджувані кошики містили невивпнені сім'янки. При цьому, помічено тенденцію щодо частішої зустрічальності кошиків з більшою кількістю невивпнених сім'янок саме в ізолюваних рослин, зокрема з вищою пустозернистістю у периферійній та середній зонах. Відносно найменше кошиків з невивпненими сім'янками (в обох варіантах) відмічено для гібриду LG 5478 (іноді для ES Bella). Натомість, у гібридів ES Rosalia та SY MAS 81K найчастіше, а за умов ізоляції завжди, зустрічалися кошики з невивпненими сім'янками у всіх трьох зонах (рис. 4.8). З'ясовано, що за умов вільного комахозапилення у більшості гібридів помітно зменшується частка кошиків з невивпненими сім'янками у периферійній (на 18,7-63,1 %; в середньому – на 38,94 %) та проміжній (на 5,5-63,2 %; в середньому – на 24,84 %) зонах.

Вивчаючи частку невивпнених сім'янок у межах одного кошика, враховуючи зонування диску (табл. 4.4), з'ясовано, що незалежно від гібриду і зони суцвіття за умов вільного комахозапилення відсоток пустозернистості знижується: в периферійній зоні в середньому на ~37 %, в середній зоні – на ~20 %, в центральній зоні – на ~10 % (відповідно в середньому на кошик – на ~22 %). Загалом для усіх гібридів відмічена нижча кількість порожніх сім'янок у кошиках соняшнику за умов вільного комахозапилення, адже якщо частка

невиповнених сім'янок за умов вільного комахозапилення коливалася в межах від 6,3 % до 35 %, то в ізолюваних варіантах – в діапазоні 14,7-58,9 %.

За даною ознакою відносно найвища «чутливість» до дефіциту комах-запилювачів помічена для гібридів компанії «Euralis» (ES Bella та ES Rosalia, у яких в ізолюваному варіанті частка невиповнених насінин по зонах кошику коливалася в діапазоні 30,6-58,9 % та 45,9-50,9 % відповідно), а відносно найменша – у гібриду компанії «Syngenta» (SY Kupava, де частка невиповнених насінин по зонах кошику за умов ізоляції коливалася в межах 14,7-36,5 %).

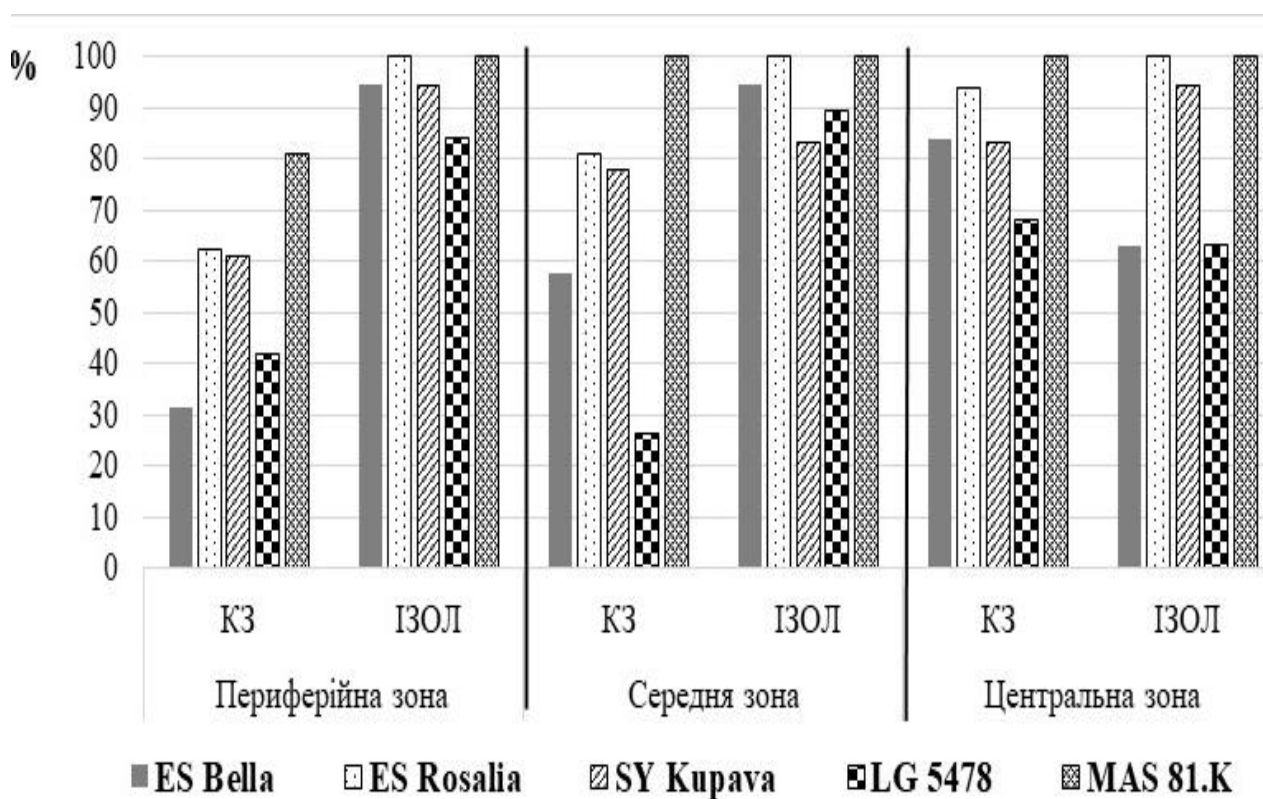


Рис. 4.8. Частка кошиків *H. annuus*, що містять невиповнені сім'янки (з урахуванням зонування) за різних умов доступу запилювачів, %

Візуалізовану інтерпретацію даних щодо частки неповноцінних сім'янок за зонами кошика подано у додатку Є.

Таблиця 4.4

Показники виповненості сім'янок досліджених гібридів *H. annuus*, за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків
Тернопільської області (2020 р.), %

Варіант досліджу	Периферійна зона кошика		Проміжна зона кошика		Центральна зона кошика	
	Частка кошиків з невиповненими сім'янками	Частка невиповнених сім'янок	Частка кошиків з невиповненими сім'янками	Частка невиповнених сім'янок	Частка кошиків з невиповненими сім'янками	Частка невиповнених сім'янок
1. ES Bella						
вільне комахозапилення	31,6	15,0	57,9	13,2	84,2	20,9
ізоляція	94,7	58,9	94,7	30,6	63,2	36,7
2. ES Rosalia						
вільне комахозапилення	62,5	10,5	81,3	18,1	93,8	24,7
ізоляція	100,0	45,9	100,0	47,5	100,0	50,9
3. SY Kupava						
вільне комахозапилення	61,1	6,4	77,8	11,4	83,3	17,7
ізоляція	94,4	36,5	83,3	14,7	94,4	18,5
4. LG 5478						
вільне комахозапилення	42,1	6,3	26,3	7,0	68,4	15,0
ізоляція	84,2	47,2	89,5	25,6	63,2	18,3
5. MAS 81K						
вільне комахозапилення	81,3	15,4	100,0	23,1	100,0	35,0
ізоляція	100,0	49,4	100,0	53,1	100,0	39,4

Цікавим виявився той факт, що у більшості гібридів, що запилювалися комахами, частка невиповнених сім'янок зменшується у напрямку від периферійної зони до центральної, натомість в ізольованих, навпаки. Дане явище, найімовірніше, пов'язано із напрямком руху комах, що сформувалося як морфо-анатомічні коеволюційні адаптації кожного виду, і відображають їхні мутуалістичні взаємовідносини, та надає модель перехресного запилення дискових суцвіть *Apis mellifera* L. Розташування квіток у соняшнику, де шар непродуктивних зигоморфних променевих квіток знаходиться на краю капітулума, а решта рядів продуктивних актиноморфних дискових квіток розміщуються у напрямку до центру, служить візуальним сигналом, що приваблює медоносних бджіл (Wojtaszek, Maier, 2014). Суцвіття соняшнику утворює цільовий візерунок, що складається з темного центрального кола, оточеного світлою кільцевою ділянкою, яка помітна лише в УФ-діапазоні, який здатні виявляти медоносні бджоли. Зір бджіл та цільові візерунки квіток соняшника еволюціонували як біосеміотичні взаємовідносини. Конічні епідермальні клітини на абаксіальному боці променів соняшнику морфоанатомічно пристосовані для відбиття УФ-випромінювання, утворюючи таким чином місце посадки для бджіл, які потім направляються до центру суцвіття соняшнику базальною частиною променів, що поглинає УФ. Дискові суцвіття містять пилок і нектар, що є винагородою для бджіл-запилювачів. Можливості перехресного запилення максимізуються шляхом своєчасного надання винагород медоносним бджолам, що сприяє відкладенню пилку на рецептивних рильця. Концентричний характер дозрівання дискових суцвіть є ключовою адаптацією для перехресного запилення. Медоносні бджоли рухаються через ряди пилок-рецептивних рилець маточкових суцвіть, таким чином відкладаючи пилок, отриманий під час відвідування попередніх суцвіть, перш ніж досягти пилку та нектару тичинкових суцвіть у центрі капітулума (Wojtaszek, Maier, 2014).

Дослідниками зазначається, що невиповненість сім'янок у кошиках соняшника залежить не лише від запилення квітів, але й від погодно-

кліматичних умов в період цвітіння. Так, за високих температур повітря, посухи або надмірної кількості опадів в центральній частині кошикового диску може зовсім не формуватися насіння, а недобір урожаю в таких випадках може сягати до 5-78 % (Ткаліч та ін., 2018). Деякими дослідниками повідомляється, що пустозернистість центральної частини кошика може бути обумовлена нестачею води у ґрунті, а на появу невиповнених сім'янок в різних зонах соняшникового суцвіття вказує дефіцит бору. Адже, як відомо, нестача бору в період цвітіння соняшника впливає на його запилення, що обумовлено порушенням розвитку приймочки квітки та проростанням пилку, внаслідок чого знижується ефективність самих процесів запилення і запліднення та подальший розвиток насінини. Як результат у кошику з'являються «пустоти», в яких насіннєві оболонки є, а сім'янки немає. Крім того, бор відіграє важливу роль під час проростання насіння і в подальшому в процесах регулювання вуглеводного обміну, синтезу амінокислот, білків, хлорофілу тощо (Коваленко, Нерода, 2022). Даними фактами можна пояснити спостережувану нами «незалежність» до комахозапилення в окремих гібридів.

Відомо, що показники продуктивності суттєво впливають на потенціал урожайності *H. annuus*. Тому в подальшому нами проведено розрахунок біологічної урожайності 5-ти досліджених гібридів. Так, з'ясовано, що для гібридів соняшника, вирощених в умовах с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), показники урожайності варіювали в межах від 2,5 т/га до 4,8 т/га (табл. 4.5). При цьому, найліпші значення встановлені для рослин гібриду ES Rosalia, зокрема, за достатньої кількості комах-запилювачів. Натомість, найменші величини виявлені у рослин гібриду LG 5478 в ізолюваному варіанті. Загалом, для всіх гібридів відзначено сприятливий вплив комахозапилення на урожайність соняшнику (рис. 4.9), адже за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізолюваними варіантами) значення урожайності зросли на +1,6-82,8 % (в середньому – на +22,2 %).

Таблиця 4.5

Порівняння біологічної врожайності, розрахованої для гібридів *H. annuus*
за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків
Тернопільської області (2020 р.), із потенціалом урожайності

№ з/п	Назва гібриду	Розрахункові значення, (на основі експериментальних даних), т/га		Потенціал урожайності (вказаний виробниками), т/га	Відносна зміна розрахункових значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахозапилення		Ізоляція	Вільне комахозапилення
1	ES Bella	3,42	3,48	4,5	-24,0	-22,7
2	ES Rosalia	4,22	4,84	5,0-5,2	-18,8	-6,9
3	SY Kupava	4,33	4,40	5,0	-13,4	-12,0
4	LG 5478	2,50	4,57	5,0	-50,0	-8,6
5	MAS 81K	3,86	4,25	5,9	-34,6	-28,0

Примітка: при розрахунку відсотку зміни біологічної урожайності в досліджених групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу урожайності

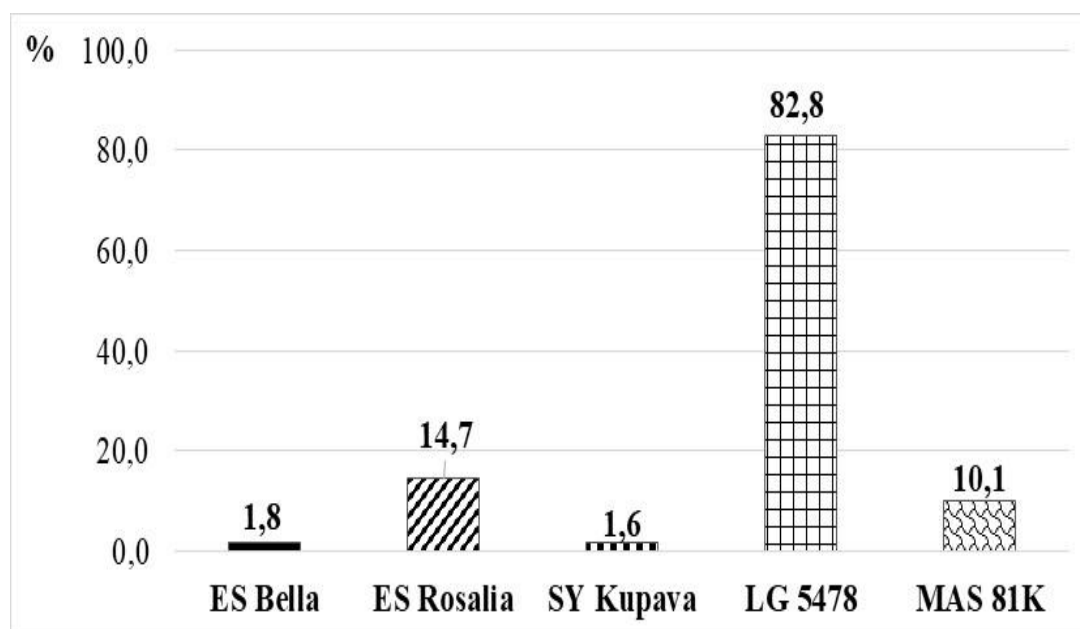


Рис. 4.9. Відсоток зміни біологічної врожайності гібридів *H. annuus* за умов достатньої кількості комах-запилювачів відносно ізольованих варіантів

За даним показником щодо «чутливості» гібридів до дефіциту запилювачів можна побудувати наступний рейтинговий ряд (в порядку спадання): LG 5478 (+82,8 %) → ES Rosalia (+14,7 %) → MAS 81K (+10,1 %) → ES Bella (+1,8 %) → SY Kupava (+1,6 %). Тобто, найбільш виражений позитивний вплив комахозапилення встановлений для рослин соняшнику компанії «Limagrain» (гібрид LG 5478), а відносно найменш – компаній «Syngenta» (SY Kupava) та «Euralis» (ES Bella).

Порівнюючи отримані нами розрахункові значення біологічної урожайності з потенціалом урожайності (вказаним виробниками), встановлено, що у всіх варіантах відзначається недобір урожаю (табл. 4.5). Останній більш виражений саме у групі рослин з ізольованими кошиками, де величини виявилися нижчими за потенціал урожайності на -13,4...-50,0 %, в середньому на -28,2 % (для порівняння у рослин за умов вільного комахозапилення – на -6,9...-28,0 %, в середньому – на -15,6 %). Тобто, за допомогою комахозапилення можна скоротити майже вдвічі втрати урожаю соняшнику.

Отримані нами дані цілком узгоджуються із подібного роду дослідженнями інших вітчизняних та зарубіжних науковців щодо сприятливого впливу комахозапилення на продуктивність та урожайність *H. annuus*, навіть для самофертильних ліній соняшника. Так, у праці (Кулинич, Соловйова, 2021) показано, що бджолозапилення сприяє підвищенню врожайності та якості насіння в середньому до 47 %. Padhy D. з колегами повідомляють, що бджолозапилення сприяє збільшенню загальної кількості сім'янок на ~4-11 %, маси 1000 штук – на ~13-18 %, і урожайності в цілому – на ~33 % (Padhy et al., 2024). У дослідженнях Amarilla L. з колегами доведено, що ізоляція доступу агентів-запилювачів до квітів самоплідних гібридів соняшника зменшувала зав'язування сім'янок на ~20 %, а загальну масу сім'янок у кошику – на ~12 %. Крім того, автори встановили позитивну кореляцію зав'язування сім'янок, маси сім'янок, вмісту олії (в тому числі олеїнової кислоти) та урожайності зі збільшенням кількості відвідувань

медоносними бджолами та дикими запилювачами (Amarilla et al., 2025).

На продуктивність показників культури на посівних полях можуть впливати й такі фактори як наявність та розміщення полезахисних смуг. Так, при оптимальному проектуванні та застосуванні полезахисних лісових смуг у агроландшафтах, останні суттєво можуть змінити навколишній мікроклімат та підвищують рівень урожайності культур (Беспалько та ін., 2023).

Спостережувану нами в деяких випадках часткову «незалежність» досліджуваних параметрів до наявності комах-запилювачів в певній мірі ми можемо пояснити явищами подекуди високої самосумісності тестованих гібридів (Astiz et al., 2011; Brewer et al., 2023) або певними варіаціями в частоті відвідування комахами та ступені самофертильності (Mallinger, Prasifka, 2017).

Таким чином, у більшості досліджених нами гібридів *H. annuus*, вирощених в умовах с. Хоростків Тернопільської області, спостерігається поліпшення розглянутих якісних і кількісних показників продуктивності, а також біологічної урожайності соняшнику за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з рослинами, ізольованими від доступу комах-запилювачів).

Якщо звернути увагу на статистично підтверджені поліпшення значень досліджених показників за умов вільного комахозапилення (відносно ізольованих варіантів), то бачимо наступне:

- у гібриду ES Bella компанії «Euralis» за показником натури відзначено зростання значень на 36 %;
- у гібриду ES Rosalia компанії «Euralis» за показниками загальна маса і загальна кількість сім'янок кошика та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 15 %, 12 % та 15 % відповідно;
- у гібриду LG 5478 компанії «Limagrain» за 5-ма показниками: загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, маса 1000, олійність, натура та біологічною урожайністю відзначено зростання значень на 83 %, 14 %, 60 %, 14 %, 22 % та 83 % відповідно,
- у гібриду MAS 81K компанії «MAS Seeds» за показниками загальна маса сім'янок кошика, олійність та біологічною урожайністю відзначено зростання

значень на 13 %, 14 % та 10 % відповідно.

Лише один гібрид – SY Kurava компанії «Syngenta» – за всіма розглянутими показниками продемонстрував «незалежність» до комахозапилення.

Зважаючи на те, що за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних варіантів) у гібриду LG 5478 відзначено достовірно найвищі відсотки приросту значень за більшістю розглянутих показників, а у гібриду ES Rosalia – найкращий приріст урожайності, то рекомендуємо вирощувати згадані гібриди у даних або аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах з обов'язковим урахуванням необхідності забезпечення достатньої кількості комах-запилювачів. Останнє можливо досягти шляхом підвезення мобільних пасік з *A. mellifera* на посівах соняшнику з розрахунку 1-2 вулики на 1 га.

Зазначимо, що відносно «індикаторними» показниками щодо дефіциту запилювачів стали загальна маса сім'янок та частка невиповнених сім'янок.

Отож, повідомлення, які останніми роками зустрічаються про відсутність у сучасних гібридів соняшнику в потребі запилення комахами, помилкове. Адже наш експеримент (та схожого роду інші дослідження вітчизняних і закордонних науковців, згадані вище) спростовують це і науково доводять, що без комахозапилення *H. annuus* господарства недоотримують повноцінного і доброякісного насіння та урожаю загалом.

Висновки до розділу 4

Доведено позитивний вплив комахозапилення на показники продуктивності та біологічної урожайності сучасних самофертильних гібридів *H. annuus* L., культивованих у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.). Так, за більшістю проаналізованих показників у досліджених гібридів соняшнику за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізолюваними варіантами) значно покращуються значення. Зокрема, на основі усереднених даних досліджених показників для гібридів, що характеризувалися статистично достовірними змінами, встановлено:

- збільшення загальної маси сім'янок у кошику на ~13-83 % (у середньому – на +~37 %),
- збільшення маси 1000 сім'янок на ~60 % (щоправда, лише у 1-го гібриду),
- збільшення олійності у середньому на ~14 %,
- збільшення натури на ~22-36 % (у середньому – на +~29 %),
- збільшення загальної кількості сім'янок у кошику на ~12-14 % (у середньому – на +~13 %),
- зменшення частки кошиків з невивіреними сім'янками у периферійній (в середньому на ~40 %) та проміжній (в середньому на ~25 %) зонах,
- зменшення частки невивірених сім'янок (в периферійній зоні – у середньому на ~37 %, у проміжній – на ~20 %, у центральній – на ~10 %),
- збільшення біологічної урожайності на ~2-83 % (в середньому – на +~22 %).

З-поміж розглянутих показників відносно найбільш інформативними щодо дефіциту комах-запилювачів були: загальна маса сім'янок у кошику та вивірненість сім'янок.

Зважаючи на те, що достовірно найвищий відсоток приросту значень за більшістю розглянутих показників відзначено у гібриду LG 5478 компанії «Limagrain» (саме за умов комахозапилення), а найкращий приріст урожайності за наявності процесу ентомофілії зафіксовано у гібриду ES Rosalia компанії «Euralis», то рекомендуємо вирощувати згадані гібриди у даних або аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах з обов'язковим урахуванням достатньої кількості комах-запилювачів. Натомість за проаналізованими показниками «незалежність» до комахозапилення продемонстрував гібрид SY Kupava (компанії «Syngenta»), іноді гібрид ES Bella (компанії «Euralis»).

РОЗДІЛ 5. ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ *H. ANNUUS* ЗА РІЗНИХ УМОВ ДОСТУПУ ЗАПИЛЮВАЧІВ У с. СЛОБОДА-КОМАРІВЦІ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ПРИ КЕРОВАНОМУ БДЖОЛОЗАПИЛЕННІ

На 3-му році нашого експерименту, що здійснювався на полях с. Слобода-Комарівці Чернівецької області у 2021 р. за умов вільного комахозапилення із довозенням *A. mellifera* у розрахунку ~1 колонія на 1 га посівів (див. розділ 2), ми слідували алгоритму дослідження тих же показників, що і в попередні роки. Визначали показники: загальна маса та загальна кількість сім'янок кошика, маса 1000 сім'янок, олійність, натура (табл. 5.1), а також розраховували частки невивірених сім'янок (враховуючи зонування кошика), частки кошиків з невивіреними сім'янками (табл. 5.4) та біологічну урожайність (табл. 5.5).

Проведені нами визначення загальної маси сім'янок у кошиках *H. annuus* виявили, що у досліджених ґрунтово-кліматичних умовах даний показник залежно від гібриду і умов доступу запилювачів в середньому варіював у межах від $23,9 \pm 10,5$ г до $81,6 \pm 31,1$ г (табл. 5.1, рис. 5.1). При цьому, найвищі значення встановлені для групи рослин гібриду ES Rosalia за умов вільного комахозапилення, а найнижчі – у рослин гібриду RGT WOLLF у варіанті з ізольованими кошиками. В середньому кратність змін між значеннями становить ~3,4 рази. В окремих випадках варіабельність даних сягала й більших розмахів (наприклад, у гібридів ES Rosalia та RGT Wollf в умовах вільного комахозапилення мінімальні і максимальні величини відрізнялися у понад 6 разів).

Таблиця 5.1

Показники продуктивності гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів
у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р.

№ з/п	Виробник	Гібрид	Варіант досліду	Загальна маса насіння з кошика, г	Маса 1000 насінин, г	Олійність, %	Натура, г/дм ³	Загальна кількість насіння у кошику, шт.
1	«Euralis»	ES Rosalia	ізоляція (n=15)	$34,8 \pm 9,7$ 21,6...53,1	$32,6 \pm 9,1$ 17,8...49,1	$41,0 \pm 3,0$ 35,1...45,5	$339,3 \pm 31,7$ 284,6...394,3	$1053,5 \pm 231,6$ 553,0...1467,0
2			вільне комахозапилення (n=15)	$81,6 \pm 31,1^*$ 21,4...137,2	$52,3 \pm 15,0^*$ 22,5...84,9	$50,0 \pm 2,1^*$ 46,5...52,7	$397,5 \pm 47,2^*$ 295,7...497,6	$1544,1 \pm 378,0^*$ 853,0...2264,0
3	«Syngenta»	NK Kondi	ізоляція (n=13)	$37,7 \pm 11,2$ 22,2...63,2	$52,9 \pm 15,9$ 33,7...82,3	$52,3 \pm 4,0$ 48,1...59,2	$321,3 \pm 72,8$ 175,0...426,0	$651,6 \pm 147,5$ 461,0...1030,0
4			вільне комахозапилення (n=13)	$55,5 \pm 20,9^*$ 24,2...90,7	$53,8 \pm 9,4$ 35,5...65,5	$54,0 \pm 3,2$ 48,7...60,3	$383,1 \pm 84,8^*$ 189,2...461,2	$981,7 \pm 272,6^*$ 543,0...1480,0
5		SY Arisona	ізоляція (n=13)	$30,2 \pm 11,2$ 8,7...49,6	$36,1 \pm 12,0$ 12,2...55,0	$45,2 \pm 7,0$ 34,2...55,4	$385,3 \pm 71,2$ 283,9...496,7	$764,8 \pm 191,5$ 535,0...122,0
6			вільне комахозапилення (n=13)	$45,9 \pm 21,4^*$ 18,8...86,0	$43,5 \pm 15,4$ 22,4...76,8	$52,0 \pm 5,4$ 38,2...59,2*	$392,0 \pm 85,8$ 250,4...535,4	$1094,7 \pm 265,1^*$ 671,0...1543,0
7		NK Brio	ізоляція (n=14)	$38,1 \pm 9,6$ 25,8...52,4	$69,8 \pm 10,6$ 50,8...85,5	$47,5 \pm 3,0$ 44,0...54,9	$574,5 \pm 163,5$ 366,0...832,0	$510,5 \pm 151,1$ 294,0...727,0
8			вільне комахозапилення (n=14)	$78,1 \pm 27,4^*$ 36,9...133,5	$51,7 \pm 15,1^*$ 32,7...80,1	$55,4 \pm 4,5^*$ 50,0...66,0	$422,8 \pm 128,6^*$ 280,7...685,2	$1388,6 \pm 307,4^*$ 639,0...1851,0
9	«Pioneer»	P62LL109	ізоляція (n=8)	$31,5 \pm 13,3$ 15,0...55,8	$66,4 \pm 10,9$ 51,2...81,1	$51,8 \pm 5,4$ 44,2...60,3	$253,9 \pm 73,1$ 158,6...412,2	$581,3 \pm 173,4$ 290,0...853,0
10			вільне комахозапилення (n=8)	$44,4 \pm 30,5$ 10,4...109,3	$51,7 \pm 17,4$ 33,1...87,7	$56,0 \pm 6,4$ 48,9...66,0	$380,3 \pm 146,1^*$ 136,3...639,1	$747,1 \pm 312,6^*$ 239,0...1240,0
11	«Limagrain»	LG5478	ізоляція (n=15)	$33,3 \pm 16,4$ 16,0...81,6	$31,9 \pm 10,4$ 15,7...54,7	$42,1 \pm 5,4$ 36,0...50,3	$281,6 \pm 94,0$ 189,3...487,4	$1000,5 \pm 328,7$ 292,0...1601,0
12			вільне комахозапилення (n=15)	$60,4 \pm 21,8^*$ 19,9...86,4	$47,5 \pm 12,5^*$ 17,3...62,3	$51,0 \pm 3,7^*$ 39,7...55,5	$368,8 \pm 73,7$ 181,3...470,9	$1209,9 \pm 277,4^*$ 689,0...1563,0
13	«RAGT semences»	RGT Wolff	ізоляція (n=13)	$23,9 \pm 10,5$ 10,8...40,0	$34,7 \pm 13,7$ 18,4...68,2	$46,5 \pm 4,3$ 41,2...55,6	$280,9 \pm 126,0$ 122,1...539,1	$567,5 \pm 228,1$ 178,0...1080,0
14			вільне комахозапилення (n=13)	$52,7 \pm 29,4^*$ 18,8...116,2	$44,8 \pm 19,1$ 22,2...90,5	$59,4 \pm 6,7^*$ 47,7...67,4	$402,8 \pm 124,0^*$ 152,1...632,0	$1085,8 \pm 254,3^*$ 780,0...1653,0

Примітка: * – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізольованими кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкоксона ($p < 0,05$); у чисельнику перше і друге число відповідно – усереднений показник і стандартне відхилення; у знаменнику мінімальне і максимальне значення

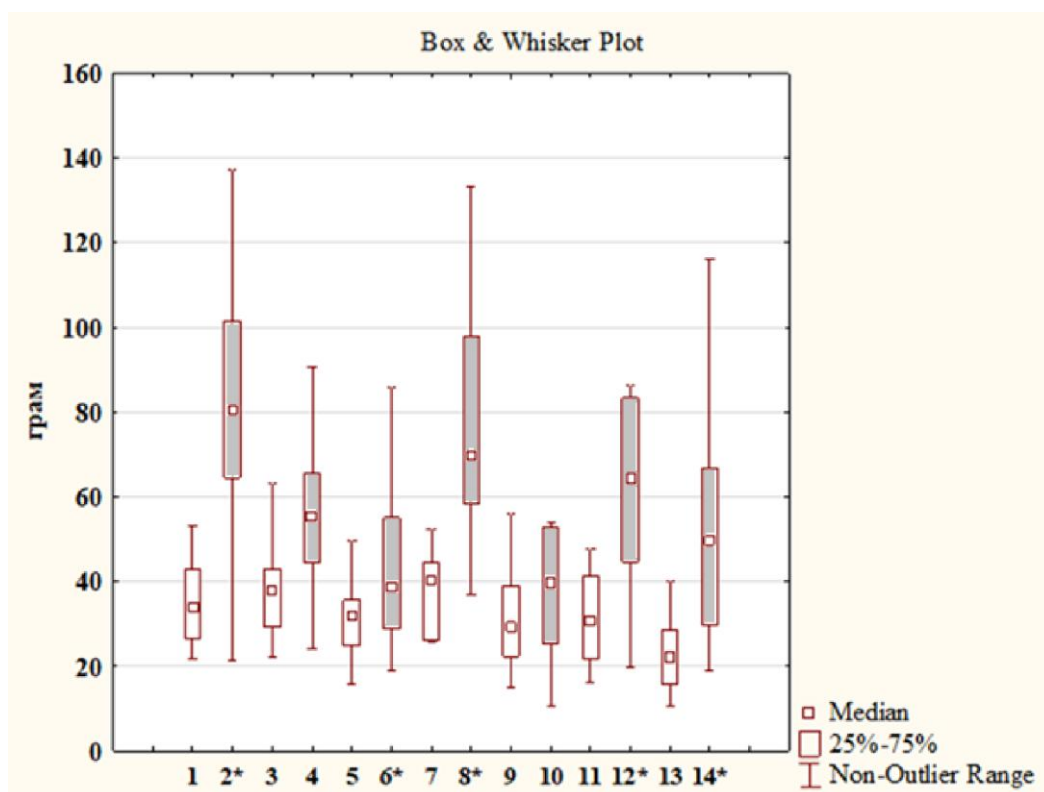


Рис. 5.1. Загальна маса сім'янок у кошиках досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), г

Примітка:

1, 2 – дані вказані для ES Rosalia; 3, 4 – NK Kondi; 5, 6 – SY Arisona; 7, 8 – NK Brio; 9, 10 – P62LL109; 11, 12 – LG 5478; 13, 14 – RGT WOLLF

тут і подалі * біля цифр в нижній шкалі – статистично достовірна відмінність між рослинами *H. annuus* з ізолюваними кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкоксона ($p < 0,05$);

бокси без заливки, позначені непарними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з ізолюваними кошиками;

бокси із заливкою сірого кольору, позначені парними цифрами, відповідають даним, наведеним для рослин з вільним комахозапиленням.

Загалом майже у всіх досліджених гібридів *H. annuus* (за винятком P62LL109) достовірно підтверджений сприятливий вплив достатньої кількості комах-запилювачів на зростання показників загальної маси сім'янок у кошику (в порівнянні з ізолюваними рослинами) – в 1,5-2,3 рази або на 47-134 % (в середньому в 1,9 рази або на +90,1 %; рис. 5.2).

Зважаючи на достовірні зміни вагових характеристик гібридів *H. annuus* за умов достатньої кількості комах-запилювачів (відносно ізолюваних варіантів), можна побудувати наступний рейтинговий ряд (в порядку

спадання): ES Rosalia → RGT WOLLF → NK Brio → LG 5478 → SY Arisona → NK Kondi. Тобто, бачимо, що за даною ознакою найбільш «чутливим» до дефіциту запилювачів виявився гібрид ES Rosalia, натомість гібрид P62LL109 проявив «нечутливість» до комахозапилення.

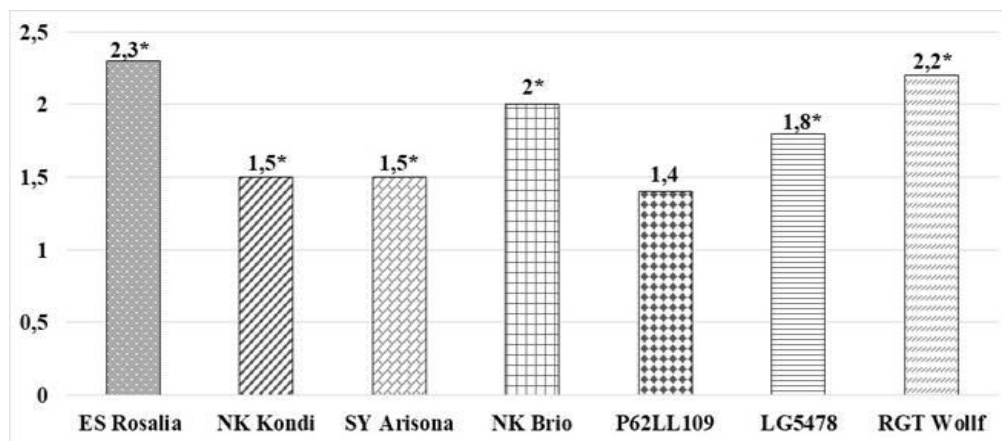


Рис. 5.2. Кратність змін загальної маси сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізольованих варіантів, рази

Схожі закономірності позитивного впливу комахозапилення на вагові характеристики сім'янок соняшнику показані у розділах 3 та 4 дисертаційної роботи, а також у деяких інших наукових працях (Amarilla et al., 2025; Кулинич, Соловійова, 2021; Silva et al., 2018).

Важливим показником урожайності *H. annuus* та якісною ознакою насіння соняшнику є показник маси 1000 насінин, який характеризує запас поживних речовин у насінні (Кудріна, 2021; Гамаюнова, Кудріна, 2020). Проведені нами дослідження маси 1000 сім'янок встановили, що у середньому даний показник змінювався від $31,9 \pm 10,4$ грам до $69,8 \pm 10,6$ г (табл. 5.1, рис. 5.3). Так, відносно найнижчі значення зареєстровані для гібриду LG5478, а відносно найвищі – для гібриду NK Brio, в обох випадках у групі рослин з ізольованими кошиками. В середньому кратність змін між значеннями становить $\sim 2,2$ рази, а в окремих випадках відмінності сягають ~ 4 разів (наприклад, у гібридів в умовах вільного комахозапилення ES Rosalia та RGT Wollf між мінімальними і максимальними величинами).

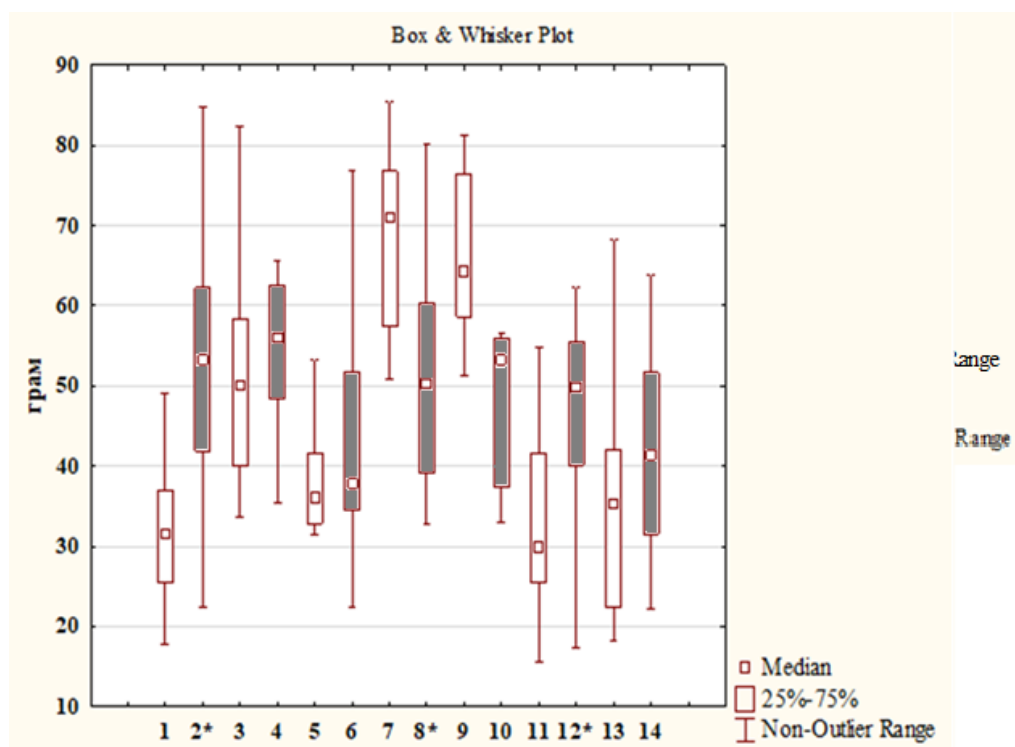


Рис. 5.3. Маса 1000 сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), г

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Rosalia; 3, 4 – NK Kondi; 5, 6 – SY Arisona; 7, 8 – NK Brio; 9, 10 – P62LL109; 11, 12 – LG 5478; 13, 14 – RGT WOLFF

Значення для 7-ми досліджених гібридів показника маси 1000 сім'янок за різних умов запилення показано на рис. 5.4. Статистично підтверджено збільшення показника лише для двох гібридів – ES Rosalia та LG 5478, де відсоток зростання значень у групі рослин з достатньою кількістю комах-запилювачів (відносно ізолюваних варіантів) становив 60,4 % та 48,9 % відповідно (в середньому – на +54,7 %).

Гібриди P62LL109 та NK Brio за даною ознакою продемонстрували неочікувані результати: збільшення маси 1000 насінин при ізоляції доступу комах-запилювачів, проте показник у гібриду P62LL109 змінювався у межах низького рівня недостовірного прояву ознаки. Натомість гібрид NK Brio продемонстрував кращі значення маси 1000 сім'янок у випадку самозапилення. Це потребує подальших досліджень із вирощуванням у цій та інших фізико-географічних зонах з метою пошуку умов, сприятливих для прояву максимального генетичного потенціалу даної ознаки.

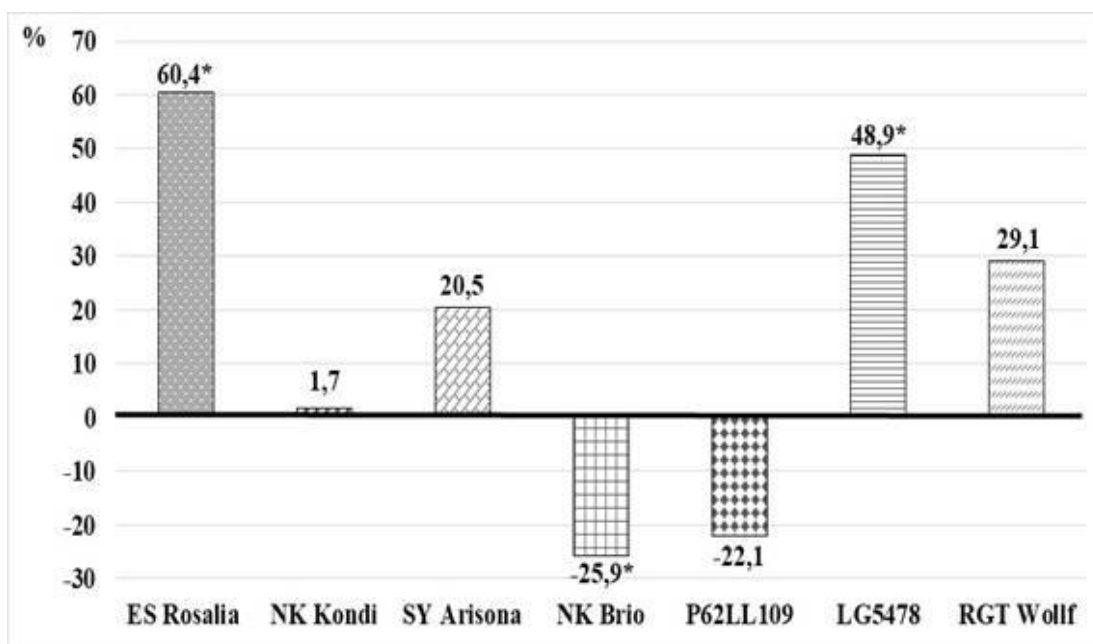


Рис. 5.4. Відсоток зміни маси 1000 сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Також отримані експериментальні середні значення маси 1000 сім'янок для кожного дослідженого гібрида порівнювали з потенційними величинами, прогнозованими виробниками. Виявлено, що даний показник майже у всіх гібридів як за умов ізоляції кошиків, так і за умов вільного комахозапилення виявився нижчим від значень, вказаних виробниками (при цьому, для 5-ти гібридів нестача за ваговими характеристиками більш виражена у рослин з ізолюваними кошиками). Винятком став гібрид P62LL109 (компанії «Pioneer»), де у випадку самозапилення відзначено кращий прояв ознаки на +14,5 %, ніж передбачалося виробником (табл. 5.2). Це, ймовірно, вказує на те, що ґрунтово-кліматичні умови вирощування виявилися сприятливими для прояву максимального генетичного потенціалу даної ознаки у випадку самофертильності і потребує подальших досліджень (як і для гібриду NK Brio).

Таблиця 5.2

Вказана виробником та отримана експериментально середня маса 1000 сім'янок гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р.

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, г		Потенціал показника (вказаний виробниками)	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахо-запилення		Ізоляція	Вільне комахо-запилення
1	ES Rosalia	32,6	52,3	56-57	-42,8	-8,2
2	NK Kondi	52,9	53,8	72	-26,5	-25,3
3	SY Arisona	36,1	43,5	72	-49,9	-39,6
4	NK Brio	69,8	51,7	60-75	-6,9	-31,1
5	P62LL109	66,4	51,7	58	14,5	-10,9
6	LG5478	31,9	47,5	65	-50,9	-26,9
7	RGT Wollf	34,7	44,8	51	-32,0	-12,2

Примітка: при розрахунку відсотку зміни олійності в досліджених групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу ознаки

Інтегральним показником господарської цінності соняшника є *олійність* його насіння (Коркодола, Макляк, 2023). Встановлено, що у досліджених фізико-географічних умовах культивування олійність розглянутих гібридів *H. annuus* в середньому коливалася від $41,0 \pm 3,0$ % (у групі рослин гібриду ES Rosalia) до $59,4 \pm 6,7$ % (у групі рослин гібриду RGT WOLLF) (табл. 5.1, рис. 5.5). Як бачимо, в порівнянні з попередніми розглянутими показниками, дана ознака характеризується відносно меншим розмахом значень – в середньому кратність змін між якими становить $\sim 1,4$ рази. В поодиноких випадках варіабельність між даними незначно зростала (наприклад, у групі ізольованих рослин гібрид SY Arisona, де відмінність між мінімальними і максимальними величинами становить $\sim 1,6$ рази). Це підтверджує, що олійність є ознакою з високим ступенем генетичної детермінованості (Ghallab et al., 2025).

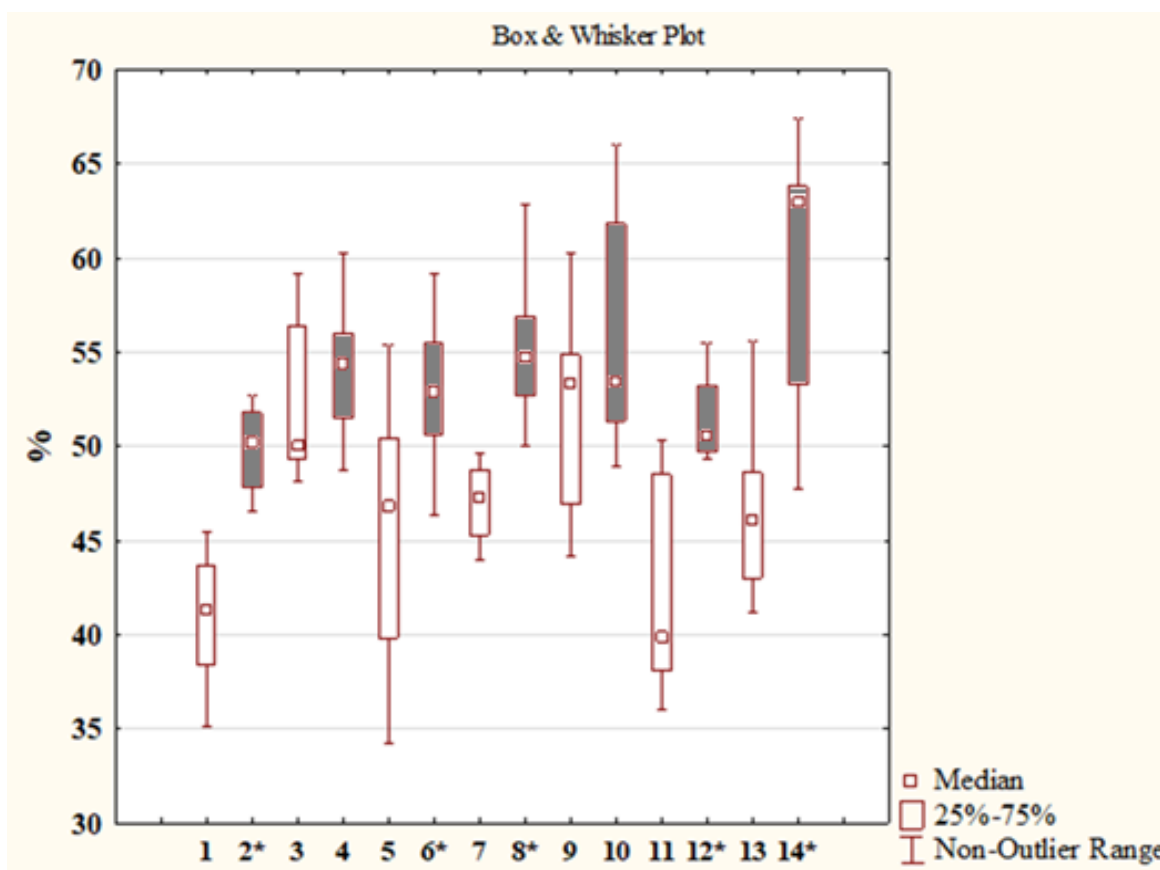


Рис. 5.5. Олійність нелущених сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р., %

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Rosalia; 3, 4 – NK Kondi; 5, 6 – SY Arisona; 7, 8 – NK Brio; 9, 10 – P62LL109; 11, 12 – LG 5478; 13, 14 – RGT WOLLF

Загалом, позитивний вплив щодо зростання олійності за умов вільного комахозапилення (рис. 5.6) відображає наступний спадний рейтинговий ряд: RGT WOLLF → ES Rosalia → LG5478 → NK Brio → SY Arisona, у яких достовірно підтверджене збільшення рівня вмісту олії у сім'янках соняшника (на ~28 %, 22 %, 21 %, 17 % та 15 % відповідно; в середньому – на +20,5 %). Отож, за даним показником найбільш «чутливим» гібридом до дефіциту комах-запилювачів виявився RGT WOLLF, натомість P62LL109 та NK Kondi проявили «нейтральність» до наявності запилювачів.

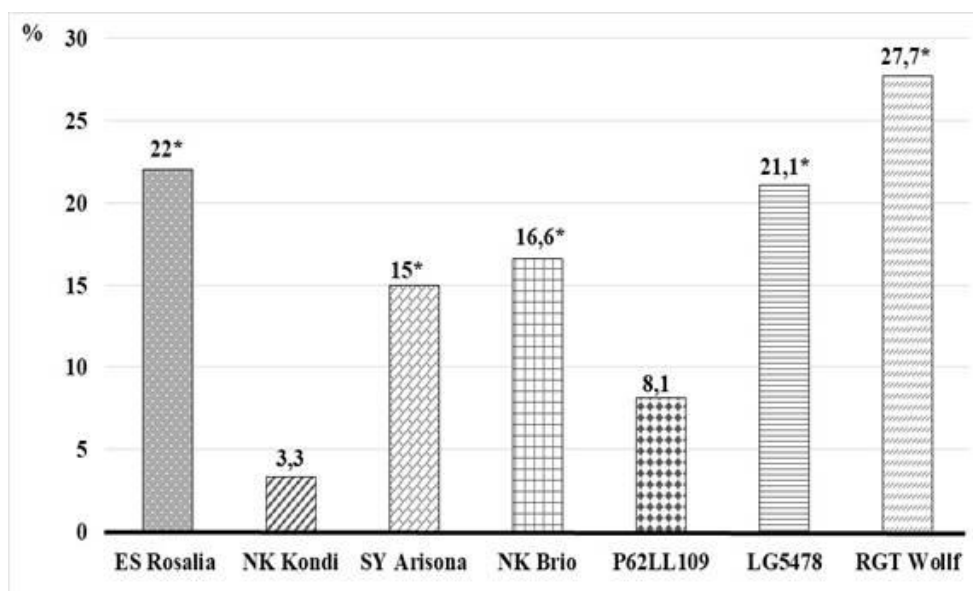


Рис. 5.6. Відсоток зміни вмісту олії у нелущених сім'янках гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Порівнюючи експериментально отримані нами середні значення олійності для кожного дослідженого гібрида з потенціалом, визначеним виробниками (табл. 5.3), встановлено, що за умов вільного комахозапилення в усіх гібридів вміст олії або досягає потенціалу, або ж перевищує його (на 2-14,2 %). Найкращий ж прояв ознаки в даному випадку спостерігається у комахозапильних рослин гібриду RGT WOLLF.

Як і в наших дослідженнях, так і деякими іншими науковцями доведено вагому роль комахозапилення щодо збільшення олійності сім'янок у соняшника – в середньому на 5 % (Зароченцева та ін., 2022), на 6 % (Amarilla et al., 2025), на 13 % (Балдик, 2016), подекуди на 12-18 % (Aslan, Yavuksuz, 2010). Крім того, у працях деяких вітчизняних дослідників зустрічаються поодинокі відомості про олійність насінин деяких розглянутих нами гібридів *H. annuus* (щоправда, культивованих в інших фізико-географічних регіонах). Так, наприклад, олійність гібриду NK Kondi (компанії Syngenta), вирощеного в рівнинних степових умовах с. Чумаки Дніпровського району Дніпропетровської області становила в середньому 38,9 % і могла змінюватися під впливом зміни густоти стояння, внесення мінерального живлення,

застосування агротехнічних прийомів, засобів захисту рослин, регуляторів росту тощо (Краснова, 2020).

Таблиця 5.3

Вказана виробником та експериментально отримана олійність сім'янок гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р.

№ з/п	Назва гібриду	Експериментально отримані значення, %		Потенціал показника (вказаний виробниками), %	Відносна зміна отриманих значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахо-запилення		Ізоляція	Вільне комахо-запилення
1	ES Rosalia	41	50	48-49	-16,3	2,0
2	NK Kondi	52,3	54	52-54	-3,1	0,0
3	SY Arisona	45,2	52	52-54	-16,3	-3,7
4	NK Brio	47,5	55,4	48-52	-8,7	6,5
5	P62LL109	51,8	56	53	-2,3	5,7
6	LG5478	42,1	51	48-50	-15,8	2,0
7	RGT Wollf	46,5	59,4	50-52	-10,6	14,2

Примітка: при розрахунку відсотку зміни олійності в досліджених групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу ознаки

В умовах північної частини Лівобережного Лісостепу (с. Тиниця Бахмацького району Чернігівської області) вміст олії в сім'янках гібриду NK Brio (компанії Syngenta) варіював в межах 45-52 %, на що впливали норми висіву насіння, погодні умови в період формування сім'янок, густота стояння рослин (Риженко, 2021). Дещо наближені показники олійності (48,2-50,2 %) також були встановлені для NK Brio, але вирощеного в умовах Лісостепу Західного регіону (в адміністративних межах м. Кам'янець-Подільський). При цьому покращення показників олійності відмічено за умов передпосівного оброблення насіння соняшнику регуляторами росту (Сендецький, 2021). Як

бачимо, олійність згаданих гібридів, вирощених здавалося б у менш сприятливих передгірських умовах (в адміністративних межах с. Слобода-Комарівці Чернівецької області), суттєво не відрізняється (подекуди є дещо вищою) від показників, визначених в інших регіонах України.

Не менш важливою ознакою якості насіння *H. annuus*, яка тісно пов'язана з виходом олії, є натура (Михайлов та ін., 2019). Це комплексний показник якості зернової маси, який залежить від форми, величини та щільності зерна, стану його поверхні, вирівняності та ступеня наливу зернівок, їх вологості, вмісту і характеру домішок. У великого, добре налитого зерна натура буває більш високою, ніж у дрібного. Зерно, що має велику щільність, має й більш високу натуру (Покопцева та ін., 2017; Зінченко, 2016; Борисенко, 2016; Кривошеєва, 2020).

Згідно проведених нами визначень показника натури встановлено, що у досліджених ґрунтово-кліматичних умовах значення даної ознаки розглянутих гібридів *H. annuus* в середньому варіювали у межах від $253,9 \pm 73,1$ г/дм³ до $574,5 \pm 163,5$ г/дм³ (табл. 5.1, рис. 5.7). Так, максимальні показники встановлені для гібриду NK Brio, а мінімальні – для гібриду P62LL109 (і в обох випадках у групі рослин з ізольованими кошиками). При цьому, розмах значень даної ознаки в середньому становить ~2,3 рази, і як для більшості інших показників в окремих випадках відмінності сягають декількох раз (наприклад, у гібридів RGT Wollf та P62LL109 за умов вільного комахозапилення між мінімальними і максимальними величинами кратність змін складає 4-5 рази).

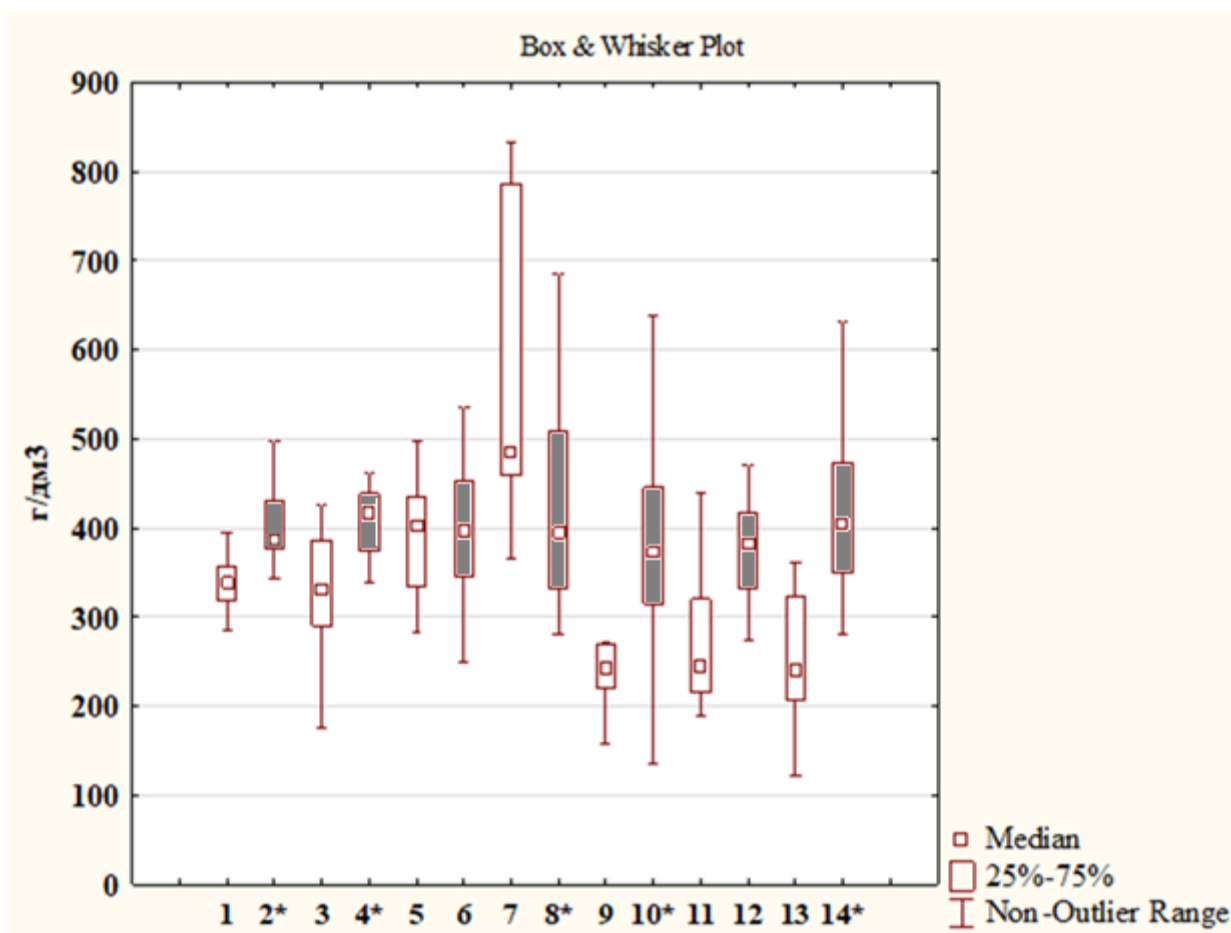


Рис. 5.7. Натура досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов запилення, вирощених у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, г/дм³

Примітка: 1, 2 – дані вказані для *ES Rosalia*; 3, 4 – *NK Kondi*; 5, 6 – *SY Arisona*; 7, 8 – *NK Brio*; 9, 10 – *P62LL109*; 11, 12 – *LG 5478*; 13, 14 – *RGT WOLLF*

У 4-х з 7-ми досліджених нами гібридів встановлено статистично достовірне збільшення значень натури (в середньому на +32,4 %) (рис. 5.8), що можна відобразити у наступному рейтинговому ряді (в порядку спадання): *P62LL109* (+49,8 %) → *RGT WOLLF* (+43,4 %) → *NK Kondi* (+19,2 %) → *ES Rosalia* (+17,2 %). За даним показником найбільш «чутливим» гібридом до дефіциту комах-запилювачів виявився *P62LL109* та в деякій мірі *RGT WOLLF*. Натомість, гібрид *NK Brio* продемонстрував «незалежність» до наявності комах-запилювачів, оскільки, навпаки, вищі значення відмічено у групі рослин з ізольованими кошиками в порівнянні з показниками комахозапильної групи рослин (як і щодо показника маси 1000 насінин).

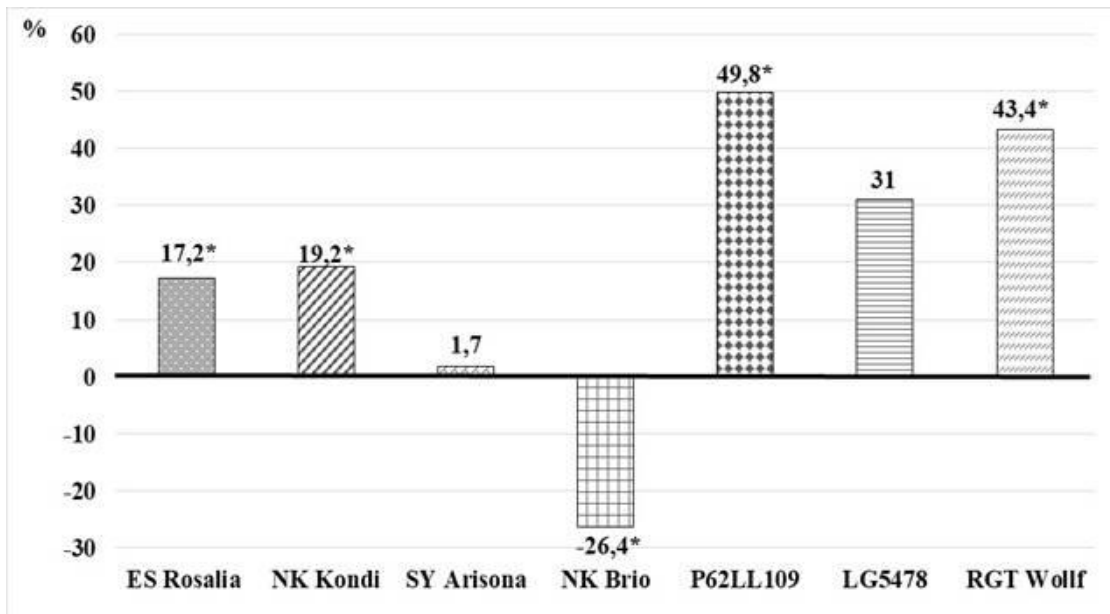


Рис. 5.8. Відсоток зміни натур сім'янок гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Українськими дослідниками повідомляється, що натура для різних сортів і гібридів *H. annuus*, вирощених на території України, в середньому варіює в межах 325-440 г/дм³ і визначається генетичними особливостями гібриду та найбільше залежить від кліматичних умов, технології вирощування, і може суттєво знижуватися за підвищеної вологості зерна (Покопцева та ін., 2017; Зінченко, 2016; Борисенко, 2016; Кривошеєва, 2020).

Відомо, що одним з основних компонентів, що впливає на урожайність *H. annuus*, є кількість сформованих насінин. Середня ж кількість, необхідна для високого показника врожайності – 2000 насінин на одну рослину. На цей показник спрямована і селекція усіх нових гібридів (Борисенко, 2022). Проведені нами визначення загальної кількості насінин у кошику *H. annuus* виявили, що даний показник є досить варіабельним (табл. 5.1, рис. 5.9), адже в досліджених ґрунтово-кліматичних умовах вирощування в залежності від гібриду та типу запилення значення коливалися в середньому від 510,5±151,1 шт. (наприклад, у рослин гібриду NK Brio за умови ізоляції комахозапилення) до 1544,1±378,0 шт. (у рослин гібриду ES Rosalia за умови достатньої кількості комах-запилювачів), тобто в середньому кратність розмаху даної ознаки

становить ~3 рази. В окремих випадках розкид значень у межах одного гібриду між групами сягає 5-6-ти кратної відмінності (наприклад, у групах ізольованих рослин гібридів LG5478 та RGT WOLLF). А між гібридами відмінність могла бути ще більш істотною. Padhy D. зі співавторами також повідомляють, що ознака кількості насінин суттєво варіює у кошику соняшника, а бджолозапилення загалом сприяє збільшенню чисельності сім'янок на 3,5-10,9 % (Padhy et al., 2024).

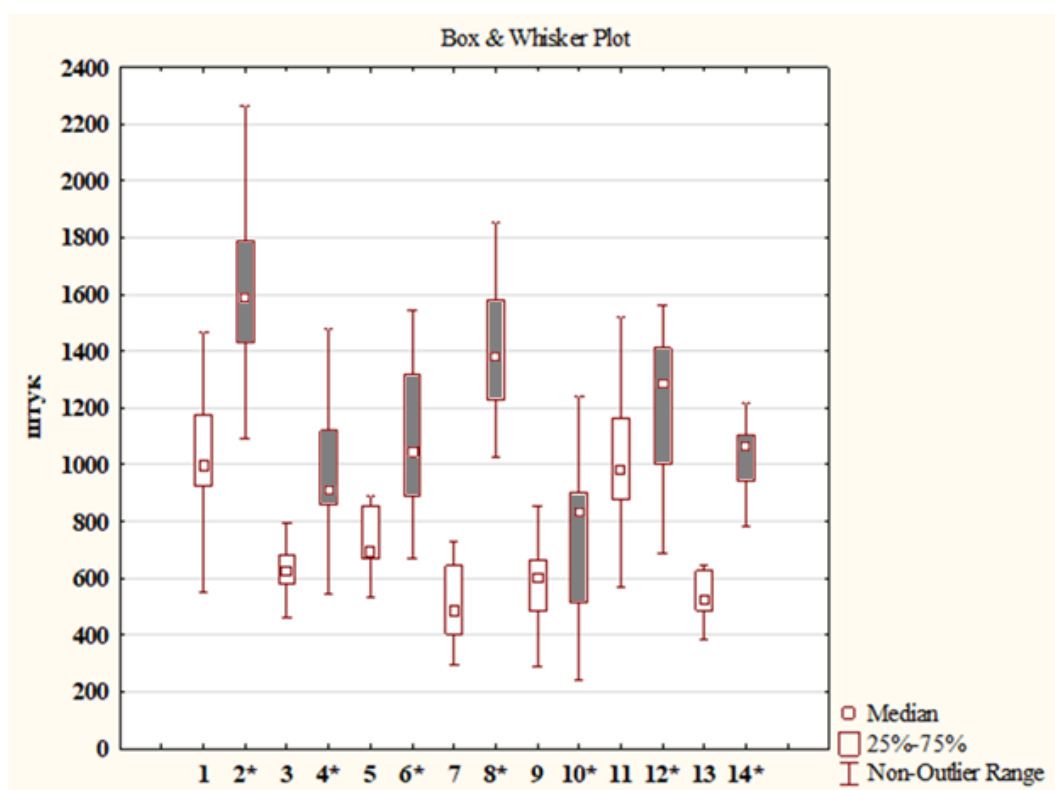


Рис. 5.9. Загальна кількість сім'янок у кошиках досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), шт.

Примітка: 1, 2 – дані вказані для ES Rosalia; 3, 4 – NK Kondi; 5, 6 – SY Arisona; 7, 8 – NK Brio; 9, 10 – P62LL109; 11, 12 – LG 5478; 13, 14 – RGT WOLLF

Відмітимо, що для всіх 7-ми гібридів встановлено значущий прямий позитивний ефект комахозапилення на показник загальної кількості сім'янок у кошику соняшника (рис. 5.10). Так зафіксовано зростання значень на 20,9-172,0 % (або в 1,2-2, рази), в середньому – на +64,7 % (або в 1,6 раз), з яких найбільший приріст відзначено для гібриду NK Brio. Відповідно, зважаючи на

реакцію досліджених гібридів на комахозапилення, за даною ознакою можна побудувати наступний рейтинговий ряд (у порядку спадання): NK Brio → RGT WOLLF → NK Kondi → ES Rosalia → SY Arisona → P62LL109 → LG 5478.

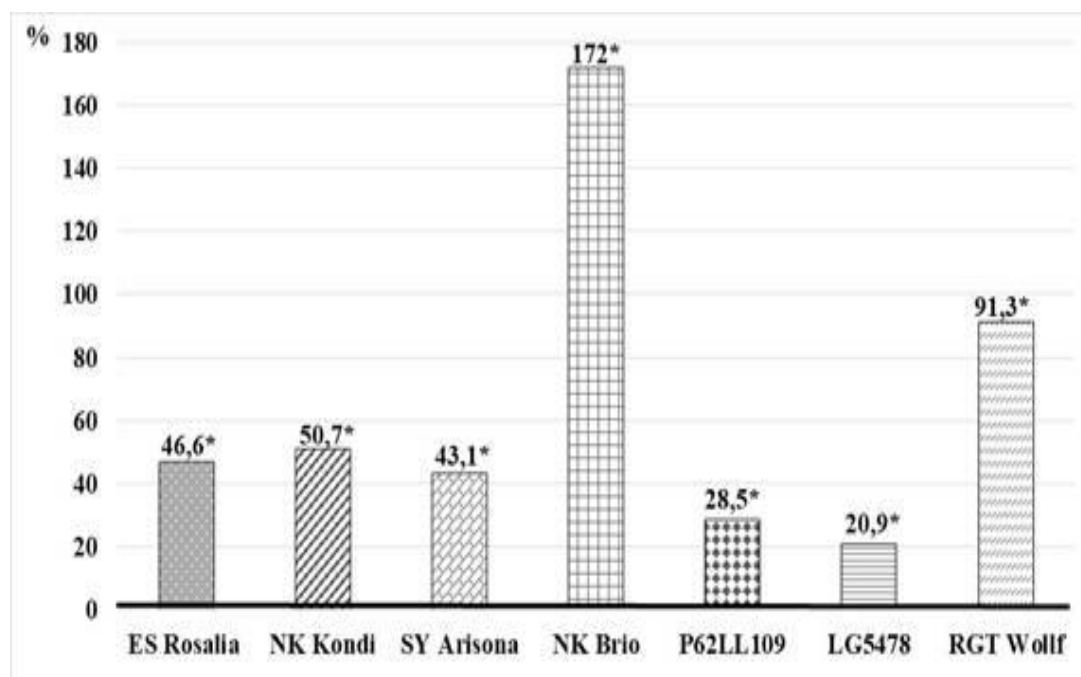


Рис. 5.10. Відсоток зміни загальної кількості сім'янок у кошиках гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Дослідники (Рожков, Калинов, 2024; Андрієнко та ін., 2016) стверджують, що кількість сформованих сім'янок у суцвітті соняшнику безпосередньо пов'язана з числом закладених квіток і характеризується варіабельністю, що обумовлено генотипом, погодними умовами, застосованими агротехнічними прийомами на ранніх періодах розвитку, до та під час фази бутонізації. Водночас, згадані чинники не в змозі забезпечити високі рівні урожайності, адже незалежно від кількості квіток, визначальним чинником постає ступінь їх максимального запліднення. Зазначене досягається шляхом комахозапилення, адже відомо, що соняшник – ентомофільна рослина, для якої Перетинчастокрилі (Hymenoptera) є домінуючими запилювачами (Padhy et al., 2024), зокрема комахи роду *Apis* (зазвичай *Apis mellifera* L.) (Shpak et al., 2023; Abbasi et al., 2021). Згідно

(Amarilla et al., 2025) ізоляція доступу запилювачів до квітів самоплідних гібридів соняшника зменшувало зав'язування насіння на 20 %. У роботі (Андрієнко та ін., 2016) зазначається, що бджолозапилення збільшувало загальне запилення трубчатих квіток до 70-80 %. Про схожі тенденції позитивного впливу біотичного запилення комахами на більшу кількість утворення насіння у різних сортах соняшнику, які є гібридами з різним рівнем самосумісності, зазначається також і в працях (Bartual et al., 2018; Chamer et al., 2015; Torretta, Poggio, 2013; Greenleaf, Kremen, 2006; Susic, Farina, 2016).

Досліджуючи виповненість сім'янок, нами з'ясовано, що в цілому не було жодного кошика, який би не мав у своєму диску невивповнених сім'янок (табл. 5.4, рис. 5.11). Щоправда лише у NK Kondi не було виявлено кошиків з порожніми сім'янками у периферійній частині. Крім того, у рослин цього гібриду відсоток зустрітваності кошиків з невивповненими сім'янками (незалежно від зони) в порівнянні з іншими гібридами виявився найменшим. Натомість у гібридів SY Arisona та LG5478, зокрема в групі ізольованих рослин, у кожному кошику зафіксовано наявність невивповнених сім'янок у периферійній та центральній частині відповідно. У більшості випадків характерним для гібридів виявилася вища частота зустрічальності кошиків з переважанням невивповнених сім'янок у центральній (наприклад, у NK Kondi, P62LL109) та середній зонах (наприклад, у ES Rosalia), зокрема за умов вільного комахозапилення. А у деяких ізольованих рослин (наприклад, у гібридів SY Arisona та NK Brio) частіше зустрічалися суцвіття з пустими сім'янками у периферійній зоні.

Зазначимо, що для більшості гібридів за умов вільного комахозапилення рідше траплялися кошики з невивповненими сім'янками і частка таких кошиків (незалежно від зони з виявленими пустими сім'янками) у групі комахозапильних рослин в порівнянні з ізольованими варіантами суттєво нижча: кошиків з пустим насінням в периферійній зоні – на 8-60 % (в середньому – на ~41 %), в проміжній зоні – на 15-62 % (в середньому – на ~38 %), в центральній зоні – на 15-80 % (в середньому на ~40 %).

Таблиця 5.4

Показники виповненості сім'янок досліджених гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р., %

Варіант досліджу	Периферійна зона кошика		Проміжна зона кошика		Центральна зона кошика	
	Частка кошиків з невивпненними сім'янками	Частка невивпнених сім'янок	Частка кошиків з невивпненними сім'янками	Частка невивпнених сім'янок	Частка кошиків з невивпненними сім'янками	Частка невивпнених сім'янок
1. ES Rosalia						
вільне комахо-запилення	53,3	8,8	66,7	12	53,3	25,6
ізоляція	86,7	49,2	93,3	40,7	86,7	48,1
2. NK Kondi						
вільне комахо-запилення	0	0	7,7	10,0	23,1	41,7
ізоляція	7,7	5	23,1	18,3	38,5	82,0
3. SY Arisona						
вільне комахо-запилення	61,5	10	84,6	9,5	61,5	15
ізоляція	100	35	84,6	34,1	84,6	23,2
4. NK Brio						
вільне комахо-запилення	28,6	15	64,3	11,7	71,4	69,5
ізоляція	78,5	91,4	7,1	5,0	28,6	52,5
5. P62LL109						
вільне комахо-запилення	50	8,8	50	7,5	75	7,0
ізоляція	37,5	31,7	37,5	48,3	50	17,5
6. LG5478						
вільне комахо-запилення	33,3	23,0	46,7	17,1	20	23,3
ізоляція	93,3	57,1	93,3	56,4	100	42,3
7. RGT Wollf						
вільне комахо-запилення	23,1	8,3	30,8	5,0	38,5	10,0
ізоляція	76,9	55,6	92,3	45,0	84,6	51,7

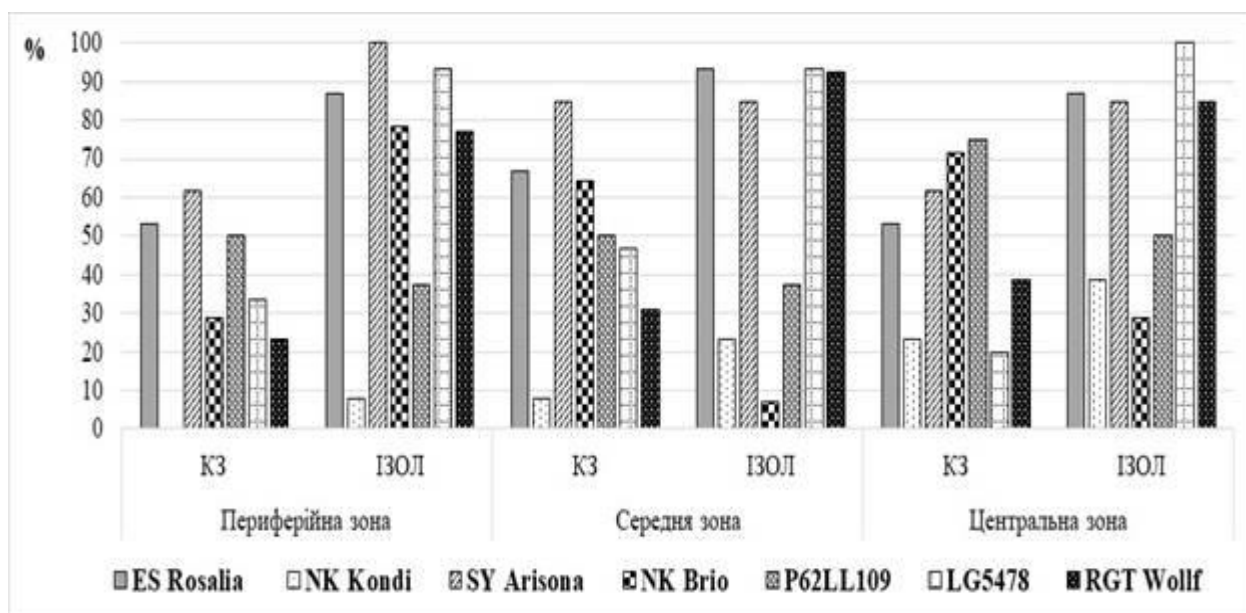


Рис. 5.11. Частка кошиків *H. annuus* з невивірненими сім'янками за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), %

Частка невивірнених сім'янок також варіювала у різних гібридів (табл. 5.4). Аналіз за цим показником засвідчив, що для всіх досліджених гібридів встановлено зниження частки пустих насінин (виняток проміжна та центральна зони у гібриду NK Brio), у варіантах з вільним доступом комах-запилювачів (відносно ізолюваних рослин): в периферійній зоні – на 5-47 % (в середньому – на ~36 %), в проміжній зоні – на 8-41 % (в середньому – на ~26 %), в центральній зоні – на 8-42 % (в середньому на ~20 %). У переважній кількості випадків спостерігається тенденція щодо більш вираженого зниження частки невивірнених сім'янок у напрямку від периферійної зони до центральної, що на нашу думку пов'язано з напрямком руку комах по соняшниковому диску (Wojtaszek, Maier, 2014). Найпомітніше зниження частки пустозернистості у всіх трьох умовних зонах кошика відзначається у гібриду RGT Wollf (майже удвічі). Також істотне зменшення порожніх насінин спостерігалось у таких гібридів, як ES Rosalia, NK Brio (у периферійній зоні), P62LL109 (у проміжній зоні), NK Kondi (у центральній зоні) та LG5478 (у проміжній зоні). Візуалізовану інтерпретацію даних щодо частки неповноцінних сім'янок за зонами кошика подано у додатку Ж.

Відомо, що структурні показники насіннєвої продуктивності суттєво впливають на потенціал урожайності *H. annuus* (Мельник, 2019). Нами проведено розрахунок біологічної урожайності досліджених гібридів. Встановлено, що значення варіювали в межах від 1,19 т/га до 4,08 т/га (табл. 5.5). При цьому, найкращою урожайністю у досліджених ґрунтово-кліматичних умовах відзначилися рослини гібридів ES Rosalia (компанії «Euralis») та NK Brio (компанії «Syngenta») і у обох випадках за умов вільного комахозапилення.

Таблиця 5.5

Порівняння біологічної врожайності, розрахованої для гібридів *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), із потенціалом урожайності, т/га

№ з/п	Назва гібриду	Розрахункові значення, (на основі експериментальних даних), т/га		Потенціал урожайності (вказаний виробниками), т/га	Відносна зміна розрахункових значень до потенціалу, %	
		Ізоляція	Вільне комахозапилення		Ізоляція	Вільне комахозапилення
1	ES Rosalia	1,74	4,08	5,0-5,2	-2,99	-1,27
2	NK Kondi	1,89	2,78	3,8-5,2	-2,76	-1,87
3	SY Arisona	1,51	2,29	5,0	-3,31	-2,18
4	NK Brio	1,91	3,90	5,0	-2,62	-1,28
5	P62LL109	1,57	2,22	5,0-5,2	-3,31	-2,34
6	LG5478	1,67	3,02	5,0	-3,00	-1,66
7	RGT Wolff	1,19	2,63	4,5-5,0	-4,19	-1,90

Примітка: при розрахунку відсотку зміни біологічної урожайності в досліджених групах в порівнянні з показниками, заявленими виробниками, до уваги взято верхні значення потенціалу урожайності

Загалом, для усіх досліджених гібридів спостерігається позитивний вплив комахозапилення на значення досліджених показників урожайності соняшника (відносно ізолюваних варіантів) – в 1,4-2,3 рази (або на 41-134 %), в середньому – в 1,8 раз (або на +83 %; рис. 5.12), що можна представити в наступному рейтинговому ряді (у порядку спадання): ES Rosalia → RGT WOLLF → NK Brio → LG5478 → SY Arisona → NK Kondi → P62LL109. Тобто, найбільш помітний вплив комахозапилення на урожайність соняшника зафіксований для гібриду ES Rosalia (компанії «Euralis»), в деякій мірі і для RGT WOLLF (компанії RAGT Semences).

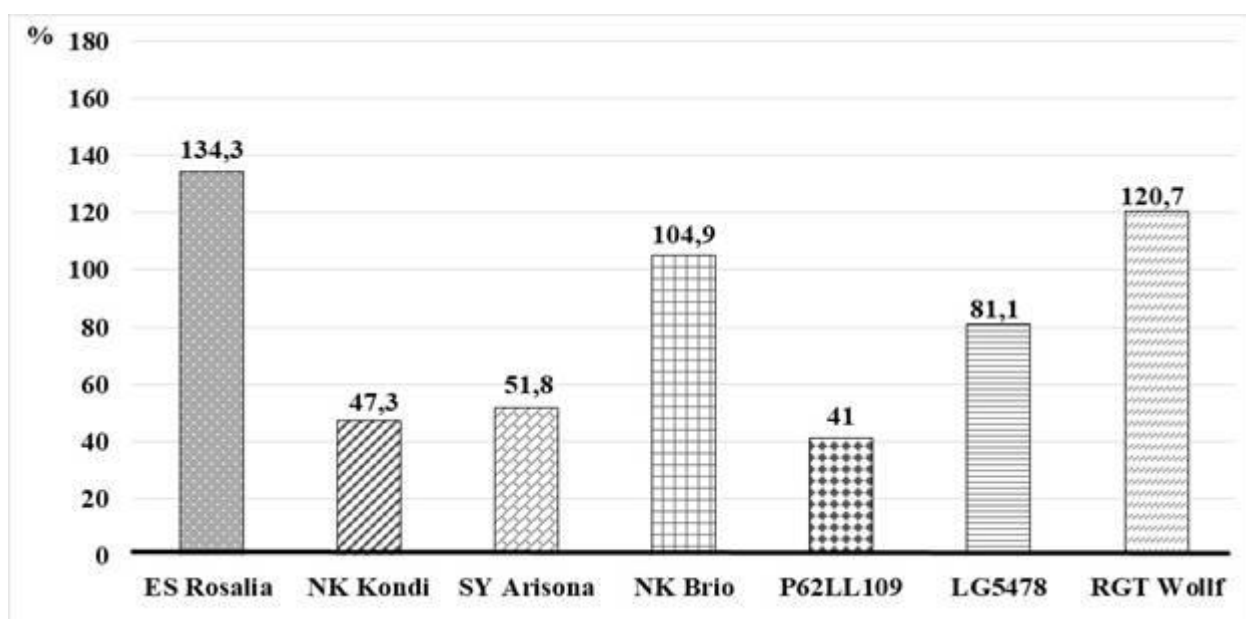


Рис. 5.12. Відсоток зміни біологічної урожайності гібридів *H. annuus* за умов вільного комахозапилення відносно ізолюваних варіантів, %

Водночас отримані нами розрахунки біологічної урожайності для *H. annuus*, вирощених в ґрунтово-кліматичних умовах с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, виявилися нижчими за потенціал урожайності, прогнозований виробниками: у рослин з ізолюваними кошиками – в ~2,6-4,2 рази; у рослин за умов вільного комахозапилення – в ~1,3-2,3 рази. Але, незважаючи, на недобір урожаю, бачимо, що за допомогою такого агротехнічного прийому як бджолозапилення можна вдвічі скоротити даний розрив. Адже під час проведення експерименту 3-го року (тобто у 2021 р.) було

забезпечено вивезення вуликів з *Apis mellifera* L. безпосередньо на посіви соняшника (24 вулика на 28 га). Останнє, і посприяло можливості зменшити недобір урожаю. При цьому, як уже зазначалося, найбільш відчутний вплив комахозапилення на покращення показників урожайності соняшника в передгірських умовах зафіксований для гібриду ES Rosalia (компанії «Euralis»), в меншій мірі – для RGT WOLLF (компанії RAGT Semences).

Зважаючи на викладене, нами було проведено аналіз комаховідвідування суцвіть соняшнику на досліджених полях у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.). Виявлено, що видове різноманіття комах на цій агрокультурі відносно невисоке, а основним запилювачем *H. annuus* була бджола медоносна (*Apis mellifera* L.), частка якої становила 88,7-98,8 % (від загально числа комах, зафіксованих нами на суцвіттях соняшнику). На основі отриманих даних нами побудовано наступний спадний ряд привабливості гібридів для *A. mellifera*: NK Brio – NK Kondi – ES Rosalia – LG 5478 – SY Arisona – RGT Wollf – P60LL109.

З-поміж інших комах-запилювачів соняшника зареєстровано *Bombus terrestris* L., 1758, *Scathophaga stercoraria* L., 1758, *Adelphocoris lineolatus* G., 1778, *Sphaerophoria scripta* L., 1758. Частка особин перелічених малочисельних запилювачів становила 1,2-11,3 % від загального числа в залежності від гібриду; найпривабливішим гібридом для них був SY Arisona.

Нами визначено, що середня кількість комах, які відвідували досліджені гібриди соняшника за проміжок часу з 08:00 до 14:00 год. змінювалася від 24,6 до 42 особин на один кошик в перерахунку на 1 годину. При цьому менше відвідувачів зафіксовано у гібриду P60LL109 (компанії «Pioneer»), а найбільше – у гібриду NK Brio (компанії «Syngenta») (табл. 5.6). За 5-хвилинний інтервал на 1-му кошику спостерігали від 1 до 11 особин. На одному кошику одночасно могло перебувати до 5 комах.

Встановлено, що інтенсивність відвідування *A. mellifera* квіток *H. annuus* залежить від сукупності чинників, зокрема: температури і вологості приземного шару повітря, хмарності, часу доби. За умов проведення нашого

дослідження, найвищу активність комах спостерігали у часовому інтервалі з 12:00 до 14:00 год., що, ймовірно, обумовлено підвищенням температури повітря та безхмарною погодою.

Таблиця 5.6

Середня кількість комах-запилювачів, які відвідували гібриди *H. annuus* у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), ос./кош.·год.

Назва гібриду	Загальна кількість запилювачів*	Кількість бджіл*	Кількість інших комах*
ES Rosalia	29,1	28,7	0,4
NK Kondi	33,6	33,1	0,5
SY Arisona	29,5	26,1	3,3
NK Brio	42,0	41,3	0,7
P62LL109	24,6	24,3	0,3
LG5478	27,4	26,5	0,9
RGT Wollf	25,4	24,3	1,1

Примітка: * – середня кількість комах на 1 кошик за 1 годину (в проміжок часу з 08:00 до 14:00 год.). При розрахунку за основу взято 3 інтервали тривалістю по 5 хв. за 1-е спостереження.

Згідно плану породного районування *A. mellifera* в Україні, Чернівецька область визначена як регіон утримання Карпатської бджоли. Проте, внаслідок безконтрольного завезення на дану територію інших порід та спонтанну гібридизацію між ними та аборигенними бджолами відбулося утворення міжпородних гібридів. В цілому по регіону переважаючими породами, окрім Карпатської, виявились Українська степова та Сіра гірська кавказька, що належать підвидам *A. m. carnica* (карпатський екотип), *A. m. macedonica* та *A. m. caucasica*, відповідно. Крім того, у складі гібридних форм відмічено ознаки альпійського варіанту карніки та темних європейських бджіл (*A. m. mellifera*) (Тимочка та ін., 2023). Так проблема дослідження представників й інших родів з Карпатського регіону залишається невивченою. Адже, значна генетична відстань між українськими екземплярами та представниками з різних середовищ існування й іншими видами відповідних родів подекуди, дозволяє розглядати українські екземпляри як нові раніше неописані види і можна інтерпретувати як існування двох внутрішньовидових форм (Tynkevich et al., 2023).

Про позитивний вплив бджолозапилення та підвищення урожайності також повідомляється і в деяких інших працях, де показники комахозапильних рослин в порівнянні з ізольованими були вищими в середньому на 40,7 % (Андрієнко та ін., 2016), або ж на 33 % (Padhy et al., 2024) чи на 8,9-31,7 % (Зароченцева та ін., 2022). Amarilla L. з колегами (Amarilla et al., 2025) встановили позитивну кореляцію зав'язування насіння, маси насіння, вмісту олії (в тому числі олеїнової кислоти) та урожайності зі збільшенням кількості відвідувань медоносними бджолами та місцевими комахами (Amarilla et al., 2025). За результатами досліджень на території України, щоб урожайність насіння зросла на 10-15 %, необхідно задіяти щонайменше 1-2 бджолосім'ї на гектар посівів (Сало, Данілова, 2022; Зароченцева та ін., 2022).

Таким чином, досліджені нами сім гібридів *H. annuus*, вирощені у передгірських умовах с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (як і в попередніх розглянутих випадках їх культивування в інших, рівнинних, фізико-географічних умовах), по-різному реагували на вплив комахозапилення, проте у більшості випадків відмічено позитивний вплив комахозапилення на проаналізовані показники.

Якщо звернути увагу на статистично підтверджені поліпшення значень досліджених ознак в групі комахозапильних рослин (відносно групи рослин з ізольованими кошиками), то бачимо наступне:

- у гібриду ES Rosalia компанії «Euralis» за 5-ма показниками (загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, олійність, натура, маса 1000 сім'янок) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,2-2,3 рази;
- у гібриду NK Kondi компанії «Syngenta» за 3-ма показниками (загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, натура) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,2-1,5 рази;
- у гібриду SY Arisona компанії «Syngenta» за 3-ма показниками (загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, олійність) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,2-1,5 рази;
- у гібриду NK Brio компанії «Syngenta» за 3-ма показниками (загальна

маса і загальна кількість сім'янок у кошику, олійність) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,2-2,7 рази;

➤ у гібриду P62LL109 компанії «Pioneer» за 2-ма показниками (загальна кількість сім'янок у кошику, натура) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,3-1,5 рази;

➤ у гібриду LG5478 компанії «Limagrain» за 4-ма показниками (загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, олійність, маса 100 насінин) та біологічною урожайністю відзначено зростання значень у 1,2-1,8 рази;

➤ у гібриду RGT Wollf компанії «RAGT Semences» за 5-ма показниками (загальна маса і загальна кількість сім'янок у кошику, олійність, натура і біологічна урожайність) відзначено зростання значень у 1,3-2,2 рази.

Також нами встановлено, що лише за наявності достатньої кількості комах-запилювачів у більшості досліджених гібридів вміст олії досягає потенціалу, або ж перевищує його. При цьому, найкращий ж прояв ознаки в даному випадку спостерігається у рослин гібриду RGT WOLLF в умовах вільного комахозапилення. Для інших вказаних виробниками потенційних величин відзначається недобір (а саме для показників маси 1000 сім'янок та біологічної урожайності). Попри те, розміщення вуликів з *Apis mellifera* L. дозволило вдвічі скоротити розрив між значеннями досліджених показників за умов вільного комахозапилення та ізоляції, мінімізуючи при цьому втрати урожаю.

Враховуючи те, що у досліджених ґрунтово-кліматичних умовах відносно найвищі показники насінневої продуктивності та урожайності відмічені для гібридів ES Rosalia (зокрема, за показниками загальна кількість і загальна маса насіння кошика соняшника) та NK Brio (зокрема, за показниками маса 1000 насінин і натура), рекомендуємо розглянути перспективність їх культивування в схожих умовах передгірської місцевості, з обов'язковим урахуванням необхідності забезпечення достатньої кількості комах запилювачів. Для подальших досліджень перспективним напрямком є пошук оптимальної кількості запилювачів за різних умов фонових біорізноманіття і керованого бджолозапилення.

Висновки до розділу 5

На прикладі досліджених гібридів *H. annuus*, вирощених в передгірських умовах с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), продемонстровано позитивний вплив комахозапилення на структурні показники продуктивності та біологічної урожайності. Значний вплив комахозапилення за більшістю розглянутих ознак зафіксовано для гібридів ES Rosalia (компанії «Euralis») та RGT WOLLF (компанії «RAGT Semences»), у яких відмічено достовірне зростання майже усіх досліджених показників саме за умов вільного комахозапилення із довозенням бджіл у розрахунку ~1 колонія на 1 га посівів.

На основі усереднених значень для гібридів, що характеризувалися статистично достовірними змінами, встановлено:

- збільшення загальної маси сім'янок у кошику на ~47-134 % (у середньому – на +~90 %),
- збільшення маси 1000 сім'янок на ~49-60 % (у середньому – на +~55 %),
- збільшення олійності на ~15-28 % (у середньому – на +~21 %),
- збільшення натури на ~17-50 % (у середньому – на +~32 %),
- збільшення загальної кількості сім'янок у кошику на ~21-172 % (у середньому – на +~65 %),
- зменшення частки кошиків з невивіреними сім'янками в середньому на 40 % (незалежно від зони, де виявлено невивірнені насінини),
- зменшення частки невивірених сім'янок: в периферійній зоні – на 5-47 % (в середньому – на ~36 %), в проміжній зоні – на 8-41 % (в середньому – на ~26 %), в центральній зоні – на 8-42 % (в середньому на ~20 %),
- збільшення біологічної урожайності на 41-134 % (в середньому – на +~83 %).

З-поміж розглянутих показників, загальна кількість сім'янок у кошику виявилася найбільш «чутливою» щодо комахозапилення, адже для всіх

гібридів за умов вільного комахозапилення фіксували достовірне зростання значень. Водночас дана ознака характеризується найбільшим розмахом значень.

Доведено доцільність використання у передгірській місцевості такого агротехнічного прийому як бджолозапилення. Так, незважаючи на виявлені нами відносно низькі значення урожайності щодо потенціалу, вказаного виробниками, саме розміщення вуликів з *Apis mellifera* L. дозволило вдвічі скоротити розрив між показниками, отриманими для ізольованих рослин та за умов вільного комахозапилення, мінімізуючи при цьому втрати урожаю.

Проведений аналіз комаховідвідування посівів *H. annuus* виявив, що видове різноманіття комах на дослідженій агрокультурі відносно невисоке, а основним запилювачем соняшника була *Apis mellifera* L., на частку якої припадало 88,7-98,8 %. З-поміж інших комах-запилювачів соняшника зареєстровано *Bombus terrestris* L., 1758, *Scathophaga stercoraria* L., 1758, *Adelphocoris lineolatus* G., 1778, *Sphaerophoria scripta* L., 1758.

РОЗДІЛ 6. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА, ВИРОЩЕНИХ В РІЗНИХ ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

За період проведення нашого експерименту з-поміж 20-ти проаналізованих гібридів п'ять, як виявилось, в різні роки зростали в різних досліджених нами місцевостях. Це: гібрид ES Rosalia компанії «Euralis» (у 2019-2021 рр.), гібрид ES Bella компанії «Euralis» (у 2019 р. та 2020 р.), гібрид SY Kurava компанії «Syngenta» (у 2019 р. та 2020 р.), гібрид NK Kondi компанії «Syngenta» (у 2019 р. та 2021 р.) та гібрид LG5478 компанії «Limagrain» (у 2020 р. та 2021 р.). Тому наступним етапом нашої роботи став порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності *H. annuus* за різних умов доступу запилювачів, вирощених у різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Порівнюючи результати досліджень, отримані для гібриду ES Rosalia за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), з'ясовано, що незалежно від року та зони вирощування, комахозапилення позитивно впливало на більшість проаналізованих показників (у 13-ти з 16-ти випадків). Найкращі абсолютні значення показників отримані на першому році експерименту як за умов вільного комахозапилення, так і за умов ізоляції, що вказує на сприятливі ґрунтово-кліматичні умови даної місцевості для максимального прояву ознак гібриду ES Rosalia (рис. 6.1). Втім більш помітний вплив комахозапилення на зростання значень досліджених показників зафіксовано в двох інших зонах вирощування у 2020 р. та 2021 р., зокрема в передгірській місцевості (у с. Слобода-Комарівці). Так, наприклад, якщо відсоток зміни значень маси 1000 сім'янок за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізольованими варіантами) у соняшнику, вирощеного у с. Форосна (2019 р.), становив лише 1,1 %, то у с. Хоростків – 2,5 %, а у с. Слобода-Комарівці – 60,4 %.

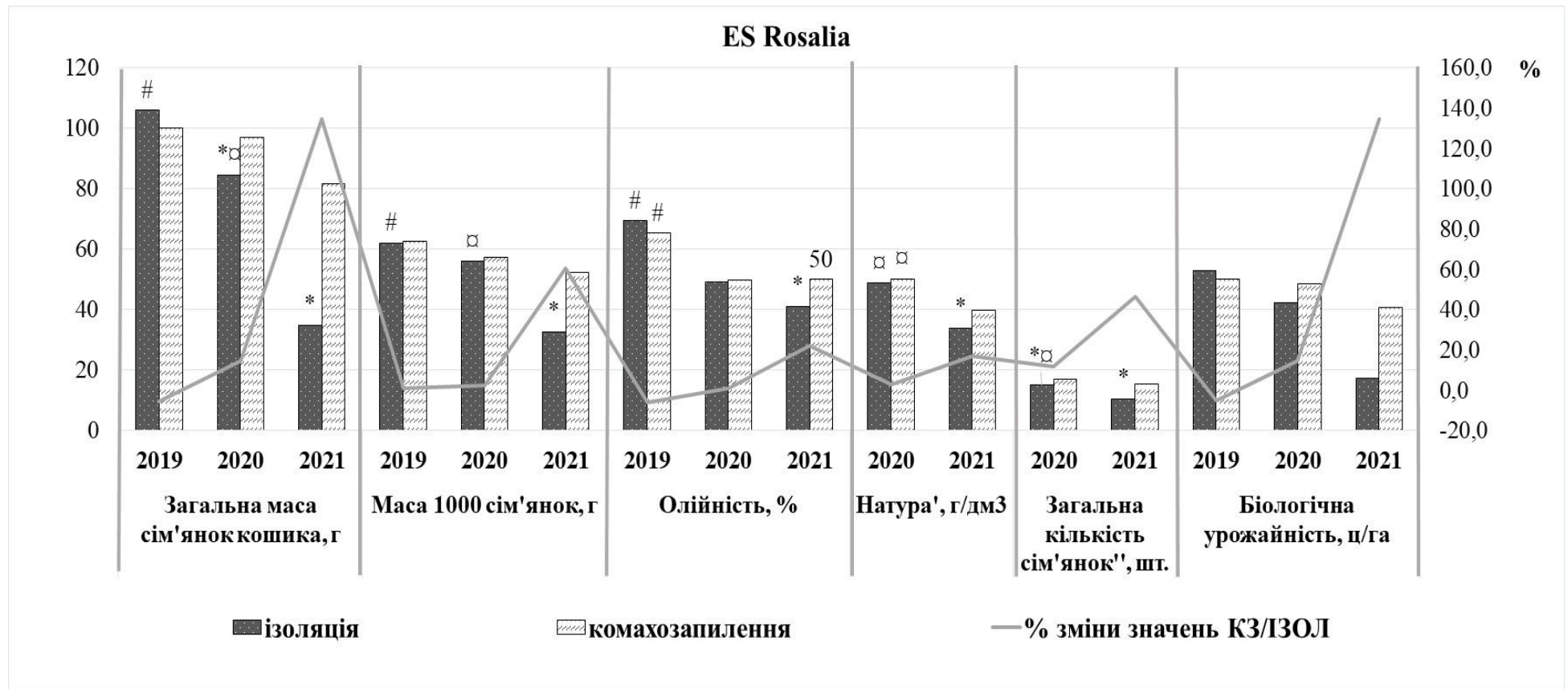


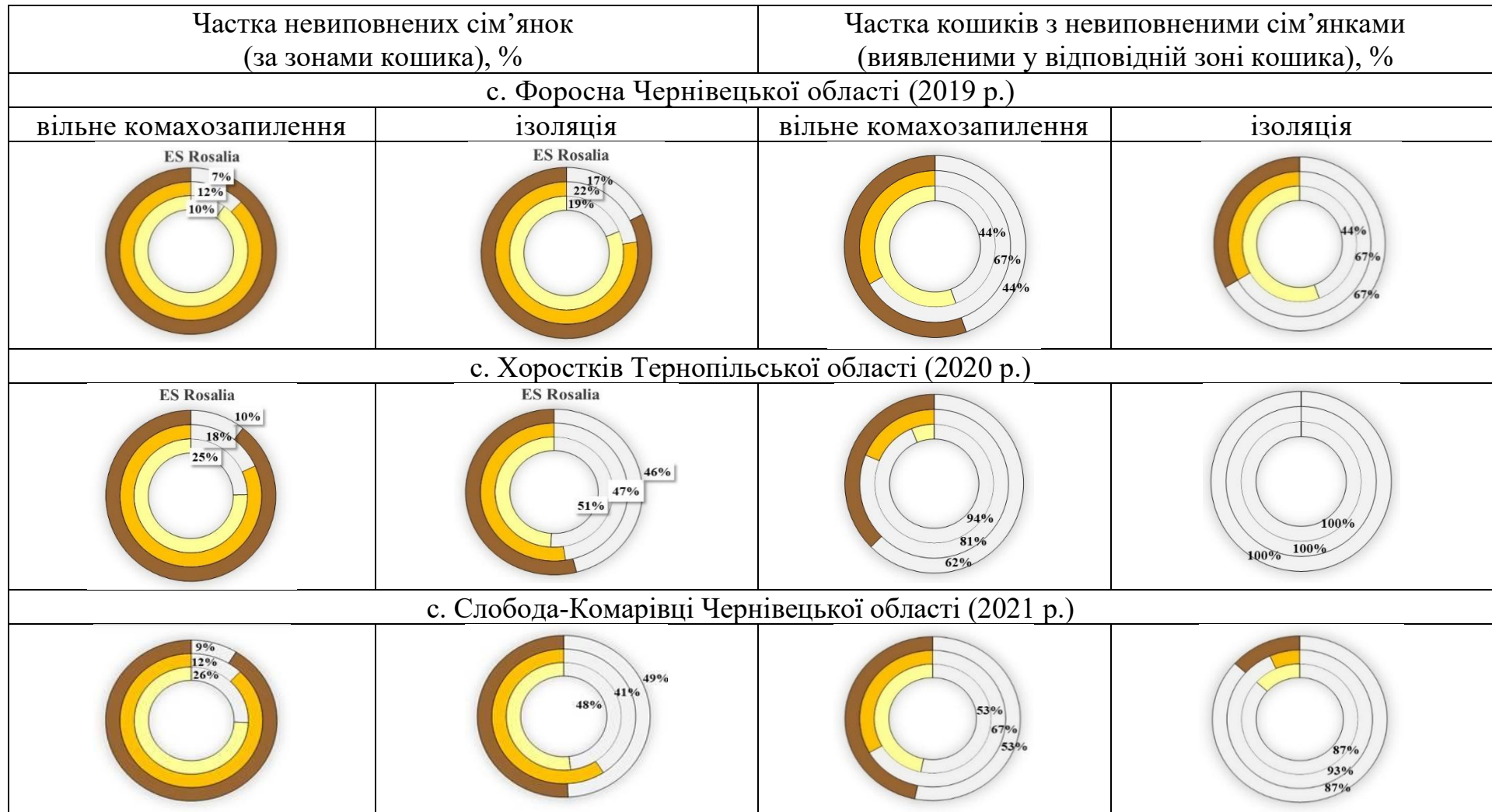
Рис. 6.1. Порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності гібриду ES Rosalia за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.)

Примітка: ' – значення для натури вказані у 10^{-1} , '' – значення для загальної кількості сім'янок вказані у 10^{-2} ;

тут і подалі: КЗ – рослини, що зростали за умов вільного комахозапилення; ІЗОЛ – рослини з ізольованими кошиками від доступу комах-запилювачів; * – статистично достовірна відмінність між рослинами Н. аппис з ізольованими кошиками та за умов вільного комахозапилення, встановлена за критерієм Вілкосона ($p < 0,05$); ^ – статистично достовірна відмінність між рослинами Н. аппис, вирощених у 2019 р. та 2020 р., # – у 2019 р. та 2021 р.; □ – у 2020 р. та 2021 р.

З-поміж досліджених показників продуктивності та урожайності гібриду ES Rosalia найбільш помітні зміни значень за умов вільного комахозапилення виявлено для загальної маси сім'янок та безпосередньо урожайності. Так, наприклад, якщо значення першого показника між комахозапильними та ізолюваними рослинами, отримані у с. Форосна (2019 р.), достовірно не відрізнялися, то відмінності між значеннями, отриманими у с. Хоростків (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) статистично підтверджені і вказували на зростання загальної маси сім'янок кошика на 14,7 % та 134,5 % відповідно (за умов вільного комахозапилення).

Сприятливий ефект комахозапилення чітко прослідковується і за виповненістю насінин у кошиках гібриду ES Rosalia. Адже, в усіх досліджених локаціях за умов вільного комахозапилення зменшується частка невивповнених сім'янок (у кожній умовній зоні кошика) та частка кошиків з невивповненими сім'янками (незалежно від виявлених пустих насінин у відповідній зоні кошика) (рис. 6.2). Наприклад, якщо у с. Форосна (2019 р.) зареєстровано зменшення частки кошиків з невивповненими сім'янками – в середньому на 7,4 % (з невивповненими сім'янками у периферійній зоні на – 22,3 %, у проміжній та центральній – без змін, тобто 0 %), то у с. Хоростків (2020 р.) частка кошиків з невивповненими сім'янками зменшилася в середньому на 20,8 % (з невивповненими сім'янками у периферійній зоні – на 37,5 %, у проміжній – на 18,7 %, у центральній – на 6,2 %), а у с. Слобода-Комарівці – частка кошиків з невивповненими сім'янками зменшилася в середньому на 31,1 % (з невивповненими сім'янками у периферійній зоні – на 33,4 %, у проміжній – на 26,6 %, у центральній – на 33,4 %). Така ж картина отримана і для показника частки невивповнених сім'янок за зонами кошика, де значення у с. Форосна зменшувалися в середньому на 9,6 % (у периферійній та проміжній зонах – на 10 %, у центральній – на 8,8 %), а у с. Хоростків – в середньому на 30,3 % (у периферійній – на 35,4 %, у проміжній – на 29,4 %, у центральній – на 26,2 %) та у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) – в середньому на 30,5 % (в периферійній – на 40,4 %, у проміжній – на 28,7 %, у центральній – на 22,5 %).



Примітка: білим вказано частку невивірнених сім'янок в кошику; в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

Рис. 6.2. Виповненість сім'янок у кошиках *H. annuus* гібриду ES Rosalia за різних умов доступу запилювачів та зони вирощування, %

Відмітимо, що, не залежно від локації вирощування культури, з-поміж умовних зон кошика гібриду ES Rosalia найбільш виражений позитивний вплив щодо зниження частки невивірнених сім'янок та частки кошиків з невивірненими сім'янками встановлений для периферійної та проміжної зон.

Порівнюючи результати досліджень, отримані для гібриду ES Bella за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), з'ясовано, що незалежно від року та зони вирощування, у більшості випадків комахозапилення позитивно впливало на всі проаналізовані показники (рис. 6.3). При цьому, абсолютні значення насіннєвої продуктивності та урожайності соняшнику (в обох варіантах запилення) кращими виявилися у с. Форосна (в 2019 р.). Крім того, у даній фізико-географічній зоні достовірно підтверджений значно помітніший позитивний вплив комахозапилення на розглянуті показники (загальної маси сім'янок, олійність та біологічну урожайність; виняток – маса 1000 сім'янок).

Позитивний вплив комахозапилення для гібриду ES Bella відзначено і за показником вивірненості у двох зонах вирощування. Так, у першій локації – у с. Форосна (2019 р.) – частка кошиків з невивірненими сім'янками у рослин за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізольованими рослинами) зменшувалася в середньому на 44,5 % (кошиків з невивірненими сім'янками у периферійній зоні – на 55,6 %, у проміжній – на 33,4 %, у центральній – на 44,5 %), а у другій локації – у с. Хоростків (2020 р.) – на 50 % (лише у периферійній та проміжній зонах – на 63,1 % та 36,8 % відповідно). Відзначено і зменшення частки невивірнених сім'янок за зонами кошика (рис. 6.4) за умов вільного комахозапилення: у с. Форосна (2019 р.) – в середньому на 9,3 % (у периферійній зоні – на 4,6 %, у проміжній – на 18,3 %, у центральній – на 5 %), у с. Хоростків (2020 р.) – в середньому на 25,7 % (у периферійній зоні – на 43,9 %, у проміжній – на 17,4 %, у центральній – на 15,8 %). Отож, у гібриду ES Bella, не залежно від локації вирощування, позитивний вплив комахозапилення на зниження частки невивірнених сім'янок та частки кошиків з невивірненими сім'янками найпомітніше простежується у периферійній зоні кошика.

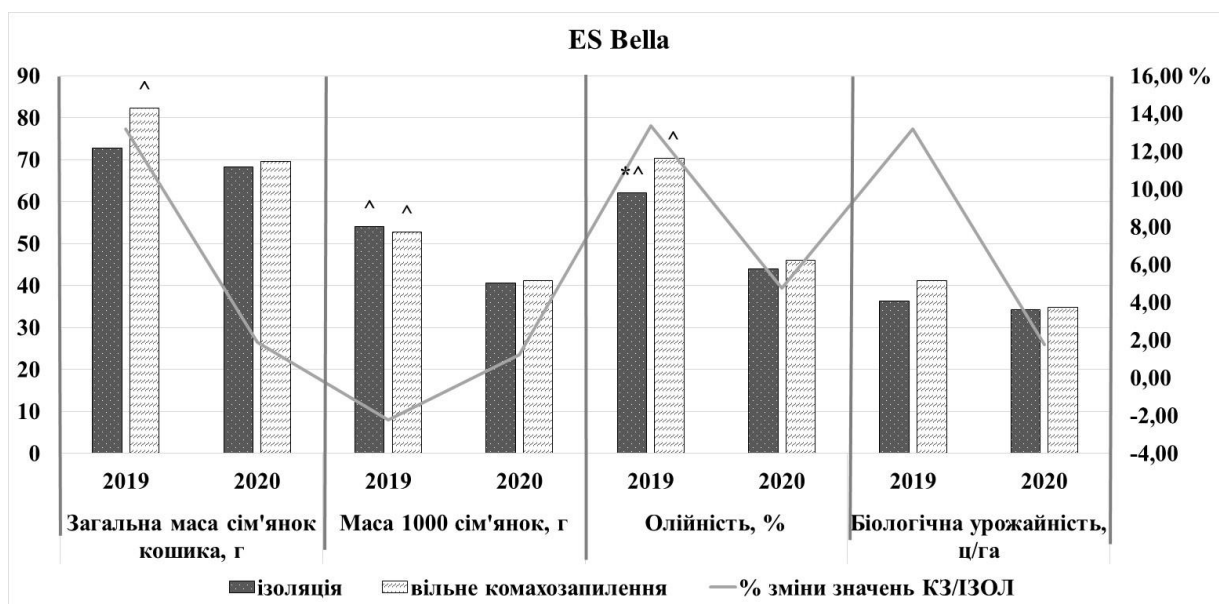
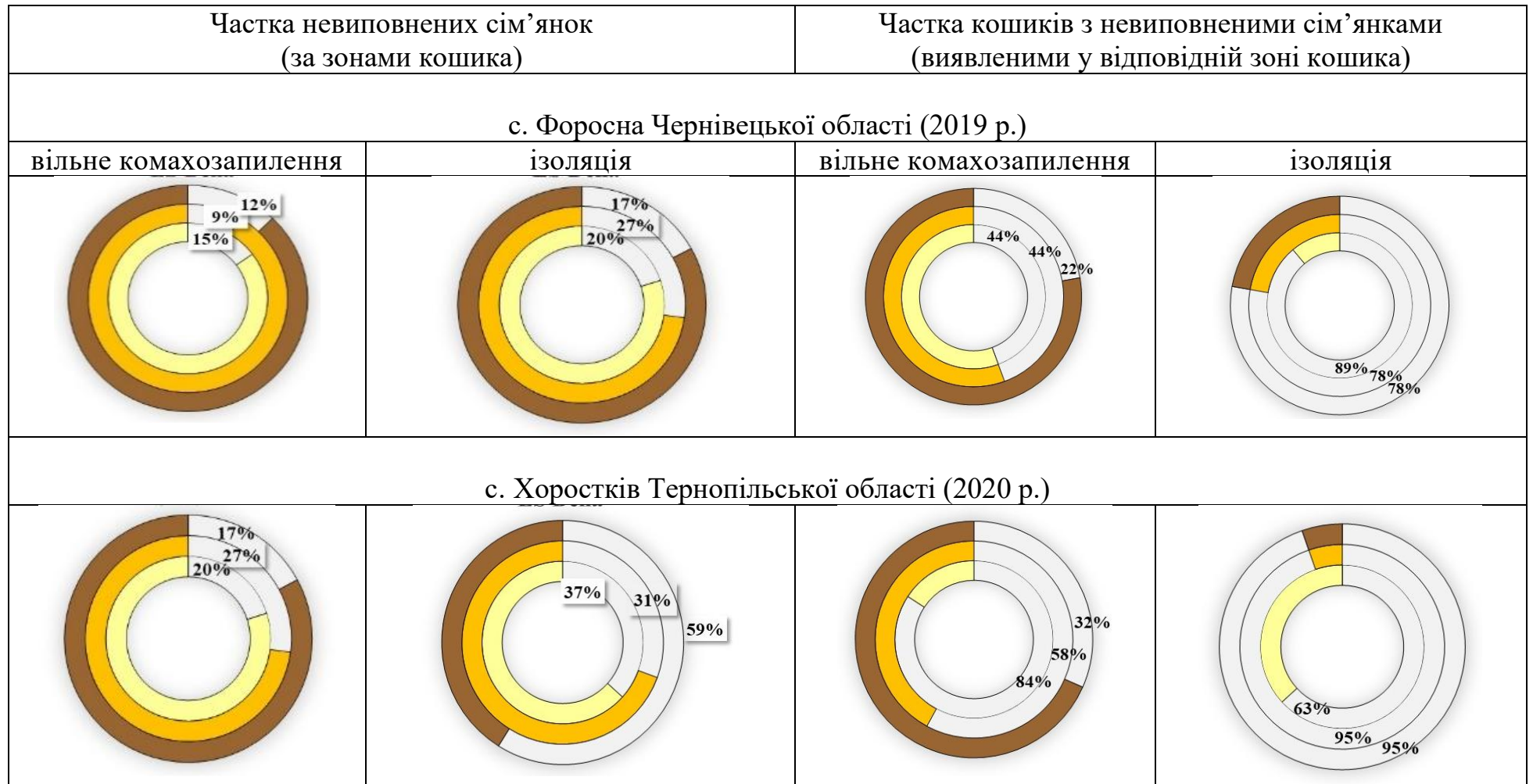


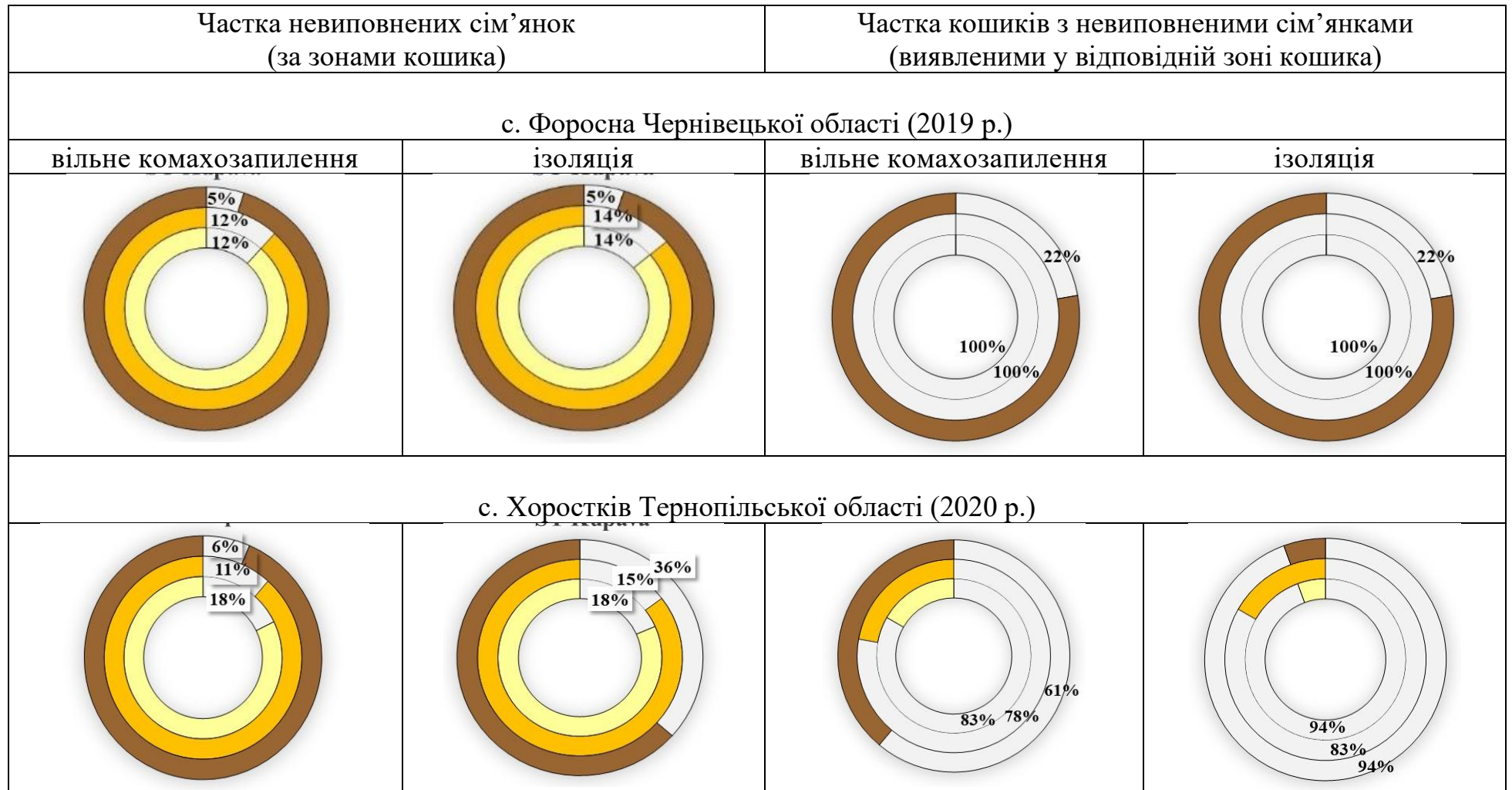
Рис. 6.3. Порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності гібриду ES Bella за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.)

Цікавими виявилися результати досліджень гібриду SY Kurava, отримані за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.). Встановлено, що незалежно від умов запилення та зони вирощування за більшістю розглянутих показників спостерігалася їх відносно стабільна представленість і відсутність статистично підтверджених відмінностей між ними (рис. 6.6). Помітні зміни виявлено лише за виповненістю сім'янок (рис. 6.5) у рослин, вирощених в с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), де частка невиповнених сім'янок (за зонами кошика) за умов вільного комахозапилення зменшилася в середньому на 11,5 % (у периферійній зоні – на 30,1 %, у проміжній – на 3,3 %, у центральній – на 1 %), а частка зустрічальності кошиків, у яких виявлено невиповнені сім'янки (у відповідній зоні кошика) знизилася в середньому на 16,6 % (кошиків з невиповненими сім'янками у периферійній зоні – на 33,3 %, у проміжній – на 5,5 %, у центральній – на 11,1 %). Отож, у гібриду SY Kurava найбільш помітний позитивний вплив комахозапилення встановлено для виповненості сім'янок (зокрема для периферійної зони кошика).



Примітка: білим вказано частку невиповнених сім'янок в кошику; в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

Рис. 6.4. Виповненість сім'янок у кошиках *H. annuus* гібриду ES Bella за різних умов доступу запилювачів та зони вирощування



Примітка: білим вказано частку невиконаних сім'янок в кошику; в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

Рис. 6.5. Виконаність сім'янок у кошиках *H. annuus* гібриду SY Курава за різних умов доступу запилювачів та зони вирощування

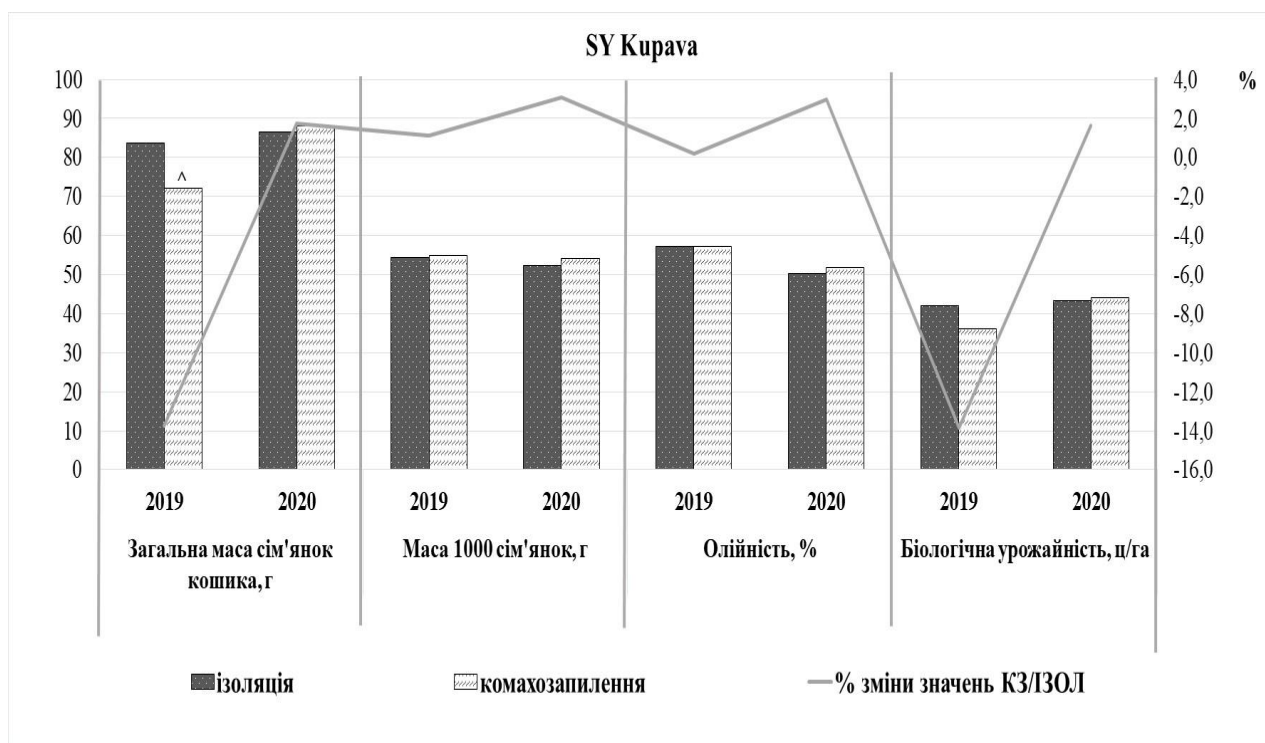


Рис. 6.6. Порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності гібриду SY Курава за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.)

Порівнюючи результати досліджень, отримані для гібриду NK Kondi за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), з'ясовано, що незалежно від року та зони вирощування, комахозапилення позитивно впливало на більшість проаналізованих показників (рис. 6.7). Хоча, абсолютні величини показників загальної маси сім'янок з кошика, маси 1000 сім'янок, олійності та біологічної урожайності (за різних умов доступу запилювачів) кращими виявилися у першому році експерименту (в 2019 р.), проте більш помітний сприятливий ефект комахозапилення, зокрема на загальну масу сім'янок та урожайність виявився на 3-му році експерименту (в 2021 р.). Так, наприклад, відсоток зміни значень за умов вільного комахозапилення (відносно ізольованих варіантів) для згаданих показників у 2019 р. становив 8,9 % та 8,7 %, а в 2021 р. – 47,2 % та 47,4 % відповідно. Щоправда, відносно менший, але також

позитивний вплив комах-запилювачів, відзначено і на 1-му році експерименту (в 2019 р.), а саме для показників маси 1000 шт. та олійності, де відсоток зміни значень за умов вільного комахозапилення (відносно ізолюваних варіантів) для згаданих показників у 2019 р. становив 15,5 % та 9,8 % (натомість у 2021 р. – лише 1,7 % та 3,3 % відповідно).

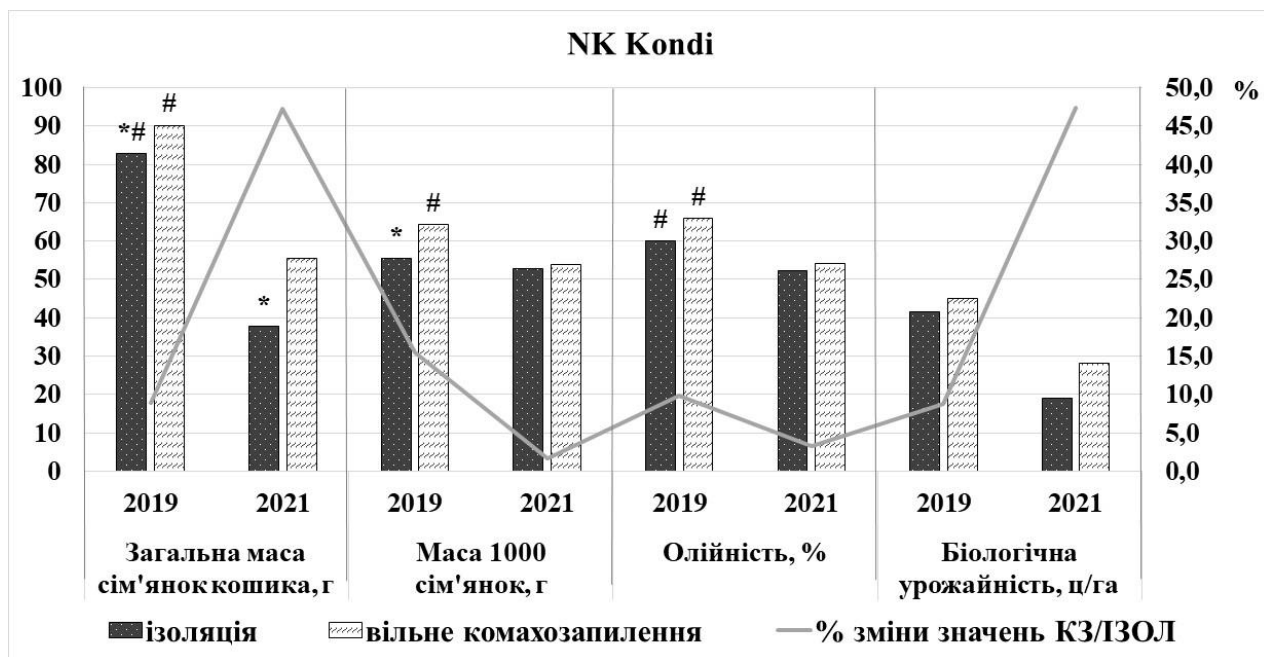
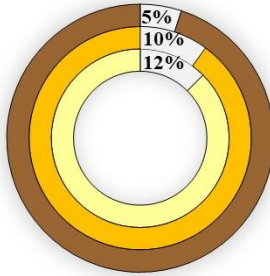
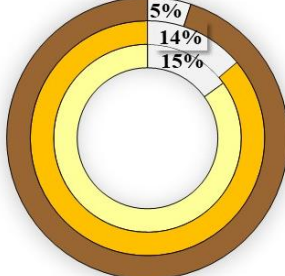
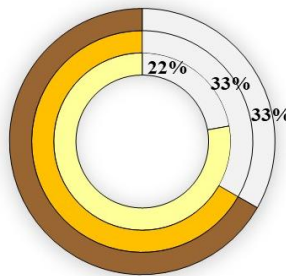
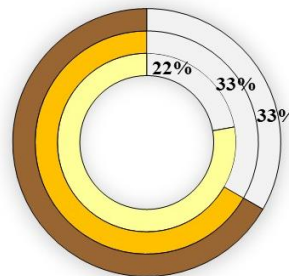
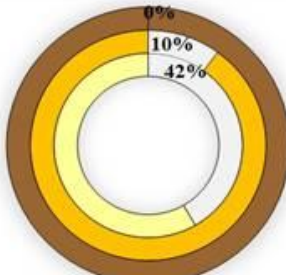
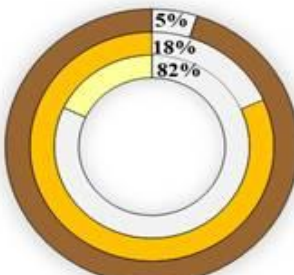
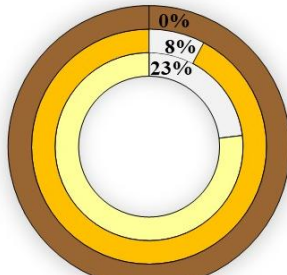
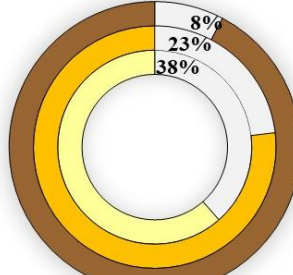


Рис. 6.7. Порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності гібриду NK Kondi за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.)

Позитивний ефект комахозапилення для рослин гібриду NK Kondi встановлений і за показниками виповненості сім'янок (рис. 6.8) у обох досліджених локаціях, особливо на 3-му році експерименту (в 2021 р.). Зокрема, у с. Форосна частка невивірених сім'янок у кошиках рослин за умов вільного комахозапилення зменшилася в середньому на 2,1 % (у периферійній – без змін, 0 %, у проміжній зоні – на 3,8 %, у центральній – на 2,5 %), то у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) – в середньому на 17,9 % (в периферійній – на 5 %, у проміжній – на 8,3 %, у центральній – на 40,3 %).

Частка невиповнених сім'янок (за зонами кошика), %		Частка кошиків з невиповненими сім'янками (виявленими у відповідній зоні кошика), %	
с. Форосна Чернівецької області (2019 р.)			
вільне комахозапилення	ізоляція	вільне комахозапилення	ізоляція
			
с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.)			
			

Примітка: білим вказано частку невиповнених сім'янок в кошику; в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

Рис. 6.8. Виповненість сім'янок у кошиках *H. annuus* гібриду NK Kondi за різних умов доступу запилювачів та зони вирощування, %

Якщо частка кошиків з невиконаними сім'янками (виявленими у різних зонах диску) у 2019 р. не змінилася, то у 2021 р. – зменшилася в середньому на 12,8 % (кошиків з виявленими пустими сім'янками у периферійній зоні – на 7,7 %, у проміжній – на 15,4 %, у центральній – на 15,4 %) (рис. 6.8). Тобто, у гібриду NK Kondi, не залежно від локації вирощування, позитивний вплив комахозапилення на зниження частки невиконаних сім'янок та частки кошиків з невиконаними сім'янками найпомітніше простежується у центральній та проміжній зоні кошика

Порівнюючи результати досліджень, отримані для гібриду LG 5478 за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), з'ясовано, що незалежно від року та зони вирощування, комахозапилення позитивно впливало на всі проаналізовані показники (рис. 6.9). При цьому, абсолютні значення більшості показників, зокрема загальної маси та кількості сім'янок у кошику, натури та біологічної урожайності (за різних умов доступу запилювачів), кращими виявилися на 2-му році експерименту (в 2020 р.). Натомість показники маси 1000 сім'янок та олійності в обох локаціях (і в 2020 р., і в 2021 р.) суттєво не відрізняються, що вказує на стабільність прояву даних ознак у гібриду LG 5478, незалежно від місця вирощування.

Зважаючи на зміни значень показників між рослинами, вирощеними за умов вільного комахозапилення та за умов ізоляції, більш помітний сприятливий ефект комахозапилення у с. Хоростків (2020 р.) проявився на масу 1000 сім'янок, а у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) – на олійність, натуру та загальну кількість сім'янок кошика.

Також у більшості випадків кращий прояв позитивного ефекту комахозапилення відзначено у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) за показником виконаності сім'янок (рис. 6.10). Так, наприклад, якщо у даній локації частка кошиків з невиконаними сім'янками у рослин за умов вільного

комахозапилення (в порівнянні з ізольованими рослинами) зменшувалася в середньому на 42 % (кошиків з невивірненими сім'янками у периферійній зоні – на 60 %, у проміжній – на 47 %, у центральній – на 19 %), то у с. Хоростків (2020 р.) – на 33 % (зменшення відмічено лише для кошиків з невивірненими сім'янками у периферійній та проміжній зонах – на 42 % та 63 % відповідно).

Схожі відмінності прослідковувалися і з часткою невивірнених сім'янок за зонами кошика (рис. 6.6), де у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) значення за умов вільного комахозапилення (відносно ізольованих варіантів) зменшувалися в середньому на 31 % (у периферійній зоні – на 34 %, у проміжній – на 39 %, у центральній – на 19 %), то у с. Хоростків (2020 р.) – на 21 % у периферійній зоні – на 41 %, у проміжній – на 19 %, у центральній – на 3 %). Отож, у гібриду LG 5478, не залежно від локації вирощування, позитивний вплив комахозапилення на зниження частки невивірнених сім'янок та частки кошиків з невивірненими сім'янками найпомітніше простежується у периферійній та проміжній зоні кошика.

Очевидно, що спостережувані нами відмінності між значеннями показників, отриманими у різних місцевостях вирощування пов'язані як з умовами навколишнього середовища, так і генотипом гібридів та взаємодією цих двох факторів (Vician et al., 2022), які могли прискорити чи відтермінувати ті чи інші фенологічні фази, або сприяти, затримати чи інгібувати ріст і розвиток рослин тощо, впливаючи таким чином на кінцеві кількісні і якісні показники продуктивності соняшника (Pendergrass et al., 2017; Awais et al., 2018).

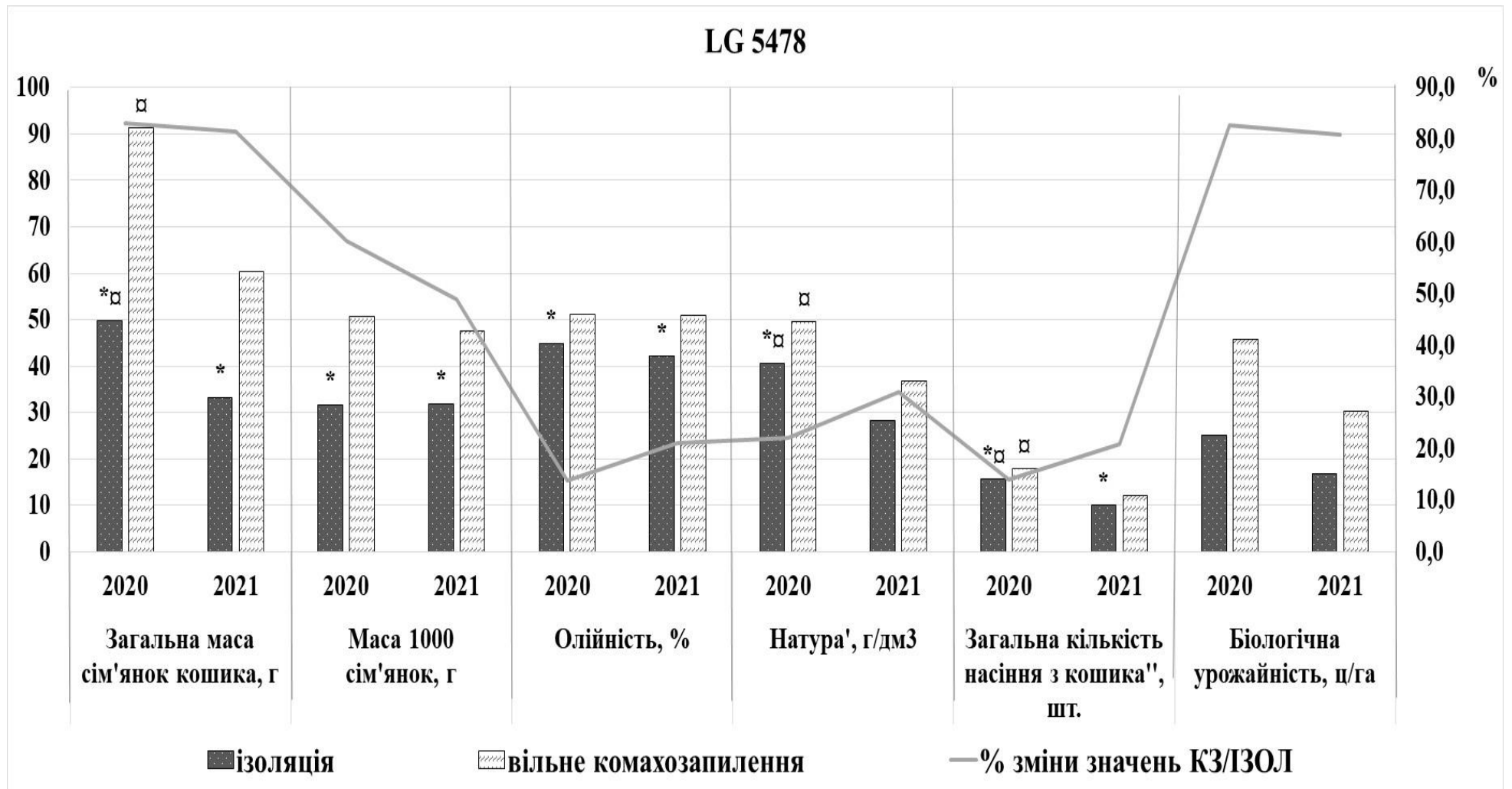
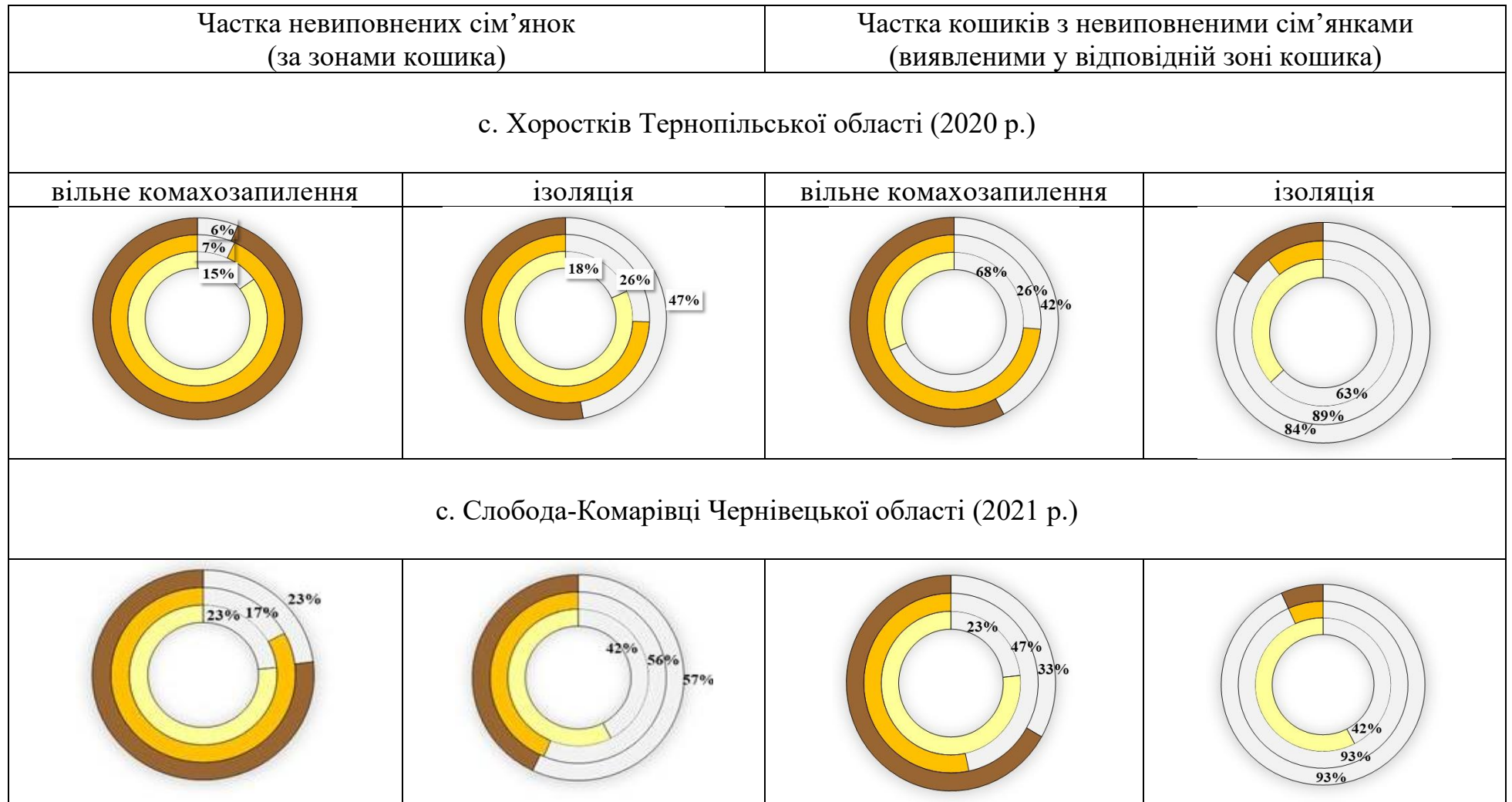


Рис. 6.9. Порівняльний аналіз показників продуктивності та урожайності гібриду LG 5478 за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.)

Примітка: ' – значення для натури вказані у 10^{-1} , '' – загальної кількості сім'янок – у 10^{-2}



Примітка: білим вказано частку невиконаних сім'янок в кошику; в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

Рис. 6.10. Виконаність сім'янок у кошиках *H. annuus* гібриду LG 5478 за різних умов доступу запилювачів та зони вирощування

Таким чином, у розглянутих 3-х гібридів (ES Rosalia компанії «Euralis», NK Kondi компанії «Syngenta», LG5478 компанії «Limagrain»), які вирощувалися у с. Форосна Чернівецької області, 2019 р., Хоростків Тернопільської області (2020 р.) та у с. Слобода-Комарівці (2021 р.) кращі значення (абсолютні) досліджених показників зареєстровані у першій (для гібридів ES Rosalia та NK Kondi) та другій (для гібриду LG5478; даний гібрид у с. Форосна не висаджувався) локаціях. Очевидно, що ґрунтово-кліматичні умови перших двох місцевостей, які належать до рівнинної території України, є більш сприятливими для прояву продуктивності та урожайності соняшнику, адже третя місцевість відноситься до передгірської зони України, де ґрунтово-кліматичні умови є складнішими.

Проте, як повідомляється низкою науковців (Jug et al., 2025; Hussain et al., 2025; Shebanin et al., 2024; Pichura et al., 2023; Ткачук, Бондарук, 2023; Пелех, Онофрійчук, 2024; 2025; та ін.), завдяки правильно підібраним інтегрованим агротехнічним підходам (починаючи з вибору гібрида, схем посіву, мінерального живлення, захисту і т. д.), що враховують специфіку ґрунтово-кліматичних особливостей регіону та потреби вирощуваного гібриду, можна одержати максимальні потенційні показники урожайності з мінімальними енерго- і ресурсовкладеннями та економічними витратами (навіть за несприятливих погодно-кліматичних змін). Останнє чітко прослідковується і у нашому експерименті, де розглянута можливість застосування такого агротехнічного прийому як комахозапилення та доведено позитивний вплив на зміни значень досліджених показників у рослин за умов вільного комахозапилення (в порівнянні з ізольованими варіантами). Так, саме за підвезення вуликів з бджолосім'ями на 3-му році експерименту (у с. Слобода-Комарівці, 2021 р.) для всіх гібридів у переважній більшості випадків відзначено значимо помітний сприятливий вплив комахозапилення. При цьому, суттєво виражений ефект комахозапилення відзначено для показників загальної маси сім'янок кошика, виповненості та біологічної урожайності загалом.

Висновки до розділу 6

На основі порівняльного аналізу показників продуктивності та урожайності гібридів *H. annuus* (ES Rosalia, ES Bella, SY Kupava, NK Kondi, LG5478) висвітлено сприятливість ґрунтово-кліматичних умов вирощування соняшника на рівнинних територіях лісостепової зони широколистяних лісів України (на прикладі с. Форосна Чернівецької області та с. Хоростків Тернопільської області), а також перспективність використання такого додаткового агротехнічного прийому як комахозапилення, зокрема у передгірській фізико-географічній зоні України (на прикладі с. Слобода-Комарівці Чернівецької області).

Незважаючи на те, що абсолютні величини більшості показників досліджених гібридів соняшника кращими виявилися у перших двох локаціях (с. Форосна, 2019 р., та с. Хоростків, 2020 р.), проте більш значимий сприятливий вплив комахозапилення на показники продуктивності та урожайності зафіксований у третій локації (с. Слобода-Комарівці, 2021 р.). При цьому, найпомітніший значущий ефект комахозапилення відзначено для показників загальної маси сім'янок кошика, виповненості та біологічної урожайності.

Виявлено, що показники маси 1000 сім'янок та олійності у гібридів ES Rosalia, ES Bella, NK Kondi та LG5478 продемонстрували відносну стабільність прояву генетично закладеної ознаки, незалежно від зони вирощування.

РОЗДІЛ 7. ВПЛИВ ЗАПИЛЕННЯ КОМАХАМИ НА ЕКОНОМІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

За два останніх десятиріччя в Україні відзначена зростання посівних площ соняшнику – в 3-4 рази (Пелех, Онуфрійчук, 2025), однак зафіксовано скорочення чисельності бджолиних сімей – в 1,4 рази (Лісогурська, Лісогурська, 2021). Це відбувається на тлі високих показників щорічних зимових втрат бджолиних колоній (Федоряк та ін., 2024). Серед запилювачів найвищу економічну цінність мають екосистемні послуги запилення саме *Apis mellifera* L. (Goodrich, 2019) як у світі, так і в Україні, в тому числі й для соняшника (що було висвітлено нами у розділі 5). В зв'язку з цим набуває актуальності кероване запилення як перспективний агротехнічний інструмент, що має екологічну та економічну доцільність і значний потенціал для забезпечення сталого розвитку агросектору України в умовах глобальних викликів. Широке впровадження комахозапилення сприяє досягненню цілей Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2030 року» та реалізації екологічної політики Європейського зеленого курсу, спрямовані на: зниження залежності від хімічних засобів захисту рослин (до 50 %), збільшення частки органічного землеробства (до 25 %), відновлення біорізноманіття на сільськогосподарських територіях, підтримка природних запилювачів, зниження антропогенного навантаження на агроєкосистеми та підвищення їх стійкості, досягнення кліматичної нейтральності. Крім того, як повідомляється в деяких дослідженнях, використання медоносних бджіл для запилення ентомофільних культур сприяє зростанню їх врожайності, покращуючи при цьому не лише кількісні, але й якісні показники (Лісогурська та ін., 2025а). Останнє нами також підтверджено і в попередніх розділах даної роботи.

Визначення продуктивного потенціалу земель с/г призначення за результатами економічної оцінки, передбачає отримання даних щодо продуктивності, ефективності використання земель та рівня можливого доходу з

одиниці площі (Смага та ін., 2023). Зважаючи на те, що узагальнюючими показниками результативності с/г виробництва є економічна ефективність, зокрема рентабельність (Чехов, Чехова, 2018), наступним етапом нашої роботи став аналіз впливу комахозапилення на згадані показники.

На основі проведених розрахунків економічної ефективності (табл. 7.1, 7.2) за «оптимістичним» сценарієм встановлено приріст дослідженого показника: в середньому на 16,3 % у 2019 р., на 17,6 % – у 2020 р., на 82,3 % – у 2021 р. В грошовому еквіваленті прибуток від запилення комахами становив:

- у 2019 р. – ~2946-10721 грн/га (в середньому ~5501 грн/га, або з урахуванням відповідного курсу валют для 2019 р., ~224 \$/га, ~201 €/га),
- у 2020 р. – ~596-20558 грн/га (в середньому ~6376 грн/га, або ~227 \$/га, ~185 €/га),
- у 2021 р. – ~11096-40237 грн/га (в середньому ~23221 грн/га, або ~870 \$/га, ~742 €/га).

При цьому найбільш помітний прибуток від запилення відзначено в передгірських умовах (с. Слобода-Комарівці), а з-поміж гібридів – у 2019 р. та 2020 р. для соняшників компанії «Limagrain» (LG 5665 M та LG 5478), а в 2021 р. – компанії «Euralis» (ES Rosalia).

Також нами здійснено регресійний аналіз, результати якого засвідчують, що кероване бджолозапилення за «оптимістичним сценарієм» прогнозовано дозволяє отримати прибуток ~1,4 тис. грн/га (рис. 7.1). Зважаючи на значимі коефіцієнти детермінації (які вказують на досягнення високого ступеня щільності зв'язку ознак, без урахування вільного члену), можна з високою ймовірністю говорити про те, що прибуток від запилення становив: у 2019 р. – ~800 грн/га, у 2020 р. – ~4,5 тис. грн/га, у 2021 р. – ~5 тис. грн/га.

Враховуючи витрати на виробництво готової продукції 1 т насіння соняшнику (табл. 7.2), встановлено, що в середньому рентабельність в різні роки коливалася в групі рослин з ізольованими кошиками від 46,2 % до 81,8 %, а в групі комахозапильних рослин – від 71,8 % до 223,3 %. Так, у 2019 р. рівень рентабельності бджолозапилення соняшнику зріс на 36,2 %, у 2020 р. – на 55,4 %, у 2021 р. – на 188,9 %.

Таблиця 7.1

Економічний дохід та ефективність, отримані за відповідної урожайності досліджених гібридів соняшника

№ з/п	Локація/ рік	Гібрид	Середня урожайність, т/га		Ціна, грн/т	Дохід, грн/т		Економічна ефективність, грн/га
			ізоляція	комахозапилення		ізоляція	комахозапилення	
1	Форосна (2019)	ES Bella	3,64	4,12	8183,55	29788,1	33716,2	3928,1
2		ES Rosalia	5,29	5,01		43291,0	40999,6	-2291,4
3		NK Neoma	4,22	4,79		34534,6	39199,2	4664,6
4		Sumatra	3,68	4,21		30115,5	34452,7	4337,3
5		SY Experto	5,18	5,86		42390,8	47955,6	5564,8
6		SY Kupava	4,19	3,61		34289,1	29542,6	-4746,5
7		SY Lascala	4,16	3,89		34043,6	31834,0	-2209,6
8		NK Kondi	4,14	4,5		33879,9	36826,0	2946,1
9		P62LE122	4,73	4,63		38708,2	37889,8	-818,4
10		P64LE25	4,43	4,98		36253,1	40754,1	4501,0
11		LG5665M	4,55	5,86		37235,2	47955,6	10720,5
12		LG5635	4,20	3,95		34370,9	32325,0	-2045,9
13		MAS 82A	3,66	4,19		29951,8	34289,1	4337,3
14		MAS 87A	3,57	4,61		29215,3	37726,2	8510,9
15	Хоростків (2020)	ES Bella	3,42	3,48	9931,425	33965,5	34561,4	595,9
16		ES Rosalia	4,22	4,84		41910,6	48068,1	6157,5
17		SY Kupava	4,33	4,4		43003,1	43698,3	695,2
18		LG 5478	2,5	4,57		24828,6	45386,6	20558,0
19		MAS 81K	3,86	4,25		38335,3	42208,6	3873,3
20	Слобода- Комарівці (2021)	ES Rosalia	1,741	4,08	17202,68	29949,9	70186,9	40237,1
21		NK Kondi	1,885	2,776		32427,1	47754,6	15327,6
22		SY Arisona	1,511	2,294		25993,2	39462,9	13469,7
23		NK Brio	1,905	3,903		32771,1	67142,1	34371,0
24		P62LL109	1,573	2,218		27059,8	38155,5	11095,7
25		LG5478	1,667	3,02		28676,9	51952,1	23275,2
26		RGT Wollf	1,193	2,633		20522,8	45294,7	24771,9

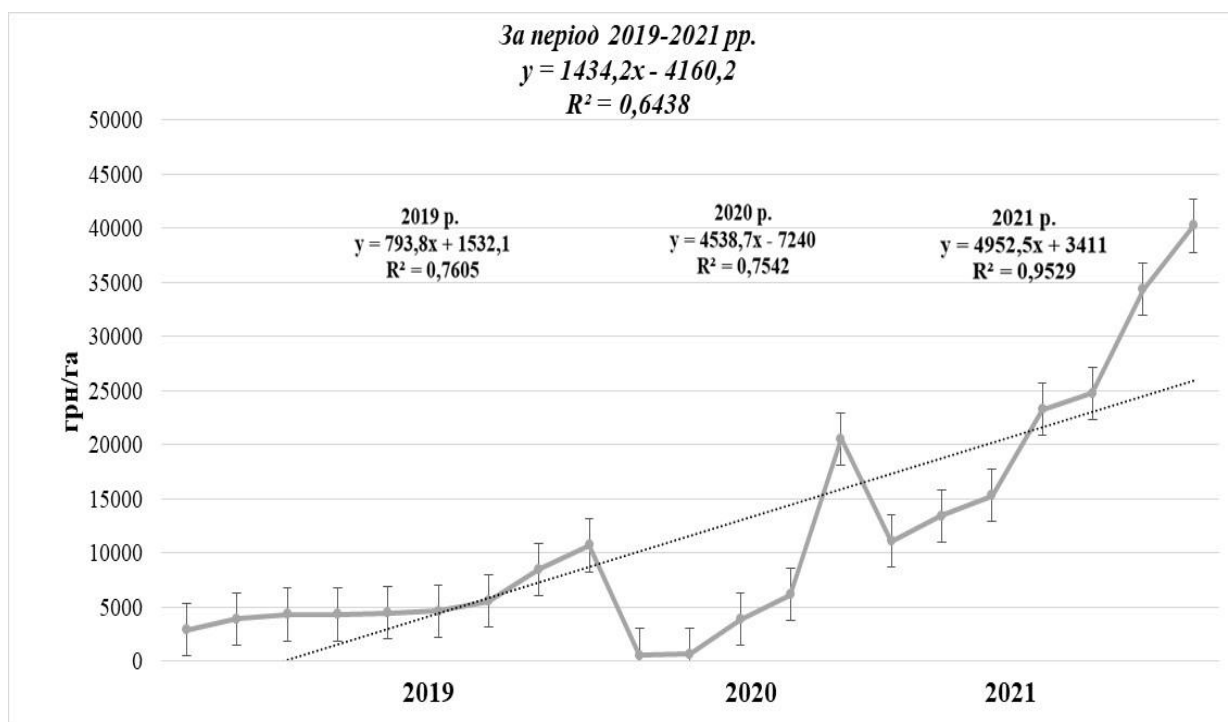


Рис. 7.1. Регресійний аналіз змін економічної ефективності вирощування соняшнику за умов запилення комахами («оптимістичний сценарій»)

Отриманий суттєвий приріст економічної ефективності, зокрема рентабельності у 2021 р. ми пов'язуємо із додатковим довозенням 24-х бджолиних колоній на досліджені посіви соняшника, які займали площу 28 га.

Таблиця 7.2

Усереднені показники економічної ефективності виробництва 1 т насіння соняшнику («оптимістичний сценарій»)

Локація / рік	Дохід, тис. грн/т		Δ, тис. грн/га	% приросту	Витрати, тис. грн/т	Ціна реалізації, тис. грн/т	Рентабельність, %		
	золяція	вільне комахо-запилення					золяція	вільне комахо-запилення	% приросту
с. Форосна (2019 р.)	33,7	39,2	5,5	16,3	5,68	8,18	81,8	111,4	36,2
с. Хоростків (2020 р.)	36,4	42,8	6,4	17,6	7,10	9,93	46,2	71,8	55,4
с. Слобода-Комарівці (2021 р.)	28,2	51,4	23,2	82,3	8,26	17,2	77,3	223,3	188,9

Очевидно, на практиці економічна ефективність, рентабельність, перелік статей витрат та їх кількісне значення може змінюватися і залежить від технології вирощування, вартості насіння, засобів захисту рослин, режиму економії на підприємстві тощо (Чехова, 2021). Тому, для аналізу загальної тенденції економічної ефективності комахозапилення соняшнику некоректно обмежувати вибірку лише додатними значеннями економічного ефекту, оскільки від’ємні значення – це частина реальності, і також є результатом дії біологічних, сортових, агроекологічних та інших чинників, відображаючи при цьому реальні ризики застосування запилення і нестабільність ефекту. Виключення таких спостережень призводить до систематичного завищення оцінки ефекту та може спотворювати висновки щодо загальної ефективності запилення як агротехнологічного прийому. Враховуючи зазначене, для оцінки реальної картини і відповіді на питання: «Яка загальна економічна ефективність запилення?», в подальшому ми провели аналіз економічної ефективності та рентабельності комахозапилення на вирощування соняшника за «реалістичним сценарієм», де для розрахунків взято усю сукупність значень (і додатних, і від’ємних). В даному випадку до попередніх даних добавилися значення ще 5-ти гібридів 2019 р. (з від’ємними числами) і сукупна вибірка загалом охопила значення 26 гібридів.

На основі проведених розрахунків економічної ефективності (табл. 7.1, 7.3) за «реалістичним сценарієм» встановлено, що тенденція щодо вигоди від бджолозапилення залишається позитивною і в 2019 р. приріст економічної ефективності в середньому становив 7,4 %, що в грошовому еквіваленті відповідає ~2671 грн/га (з урахуванням поточного курсу валют 2019 р.: ~109 \$/га, ~97 €/га). Рівень рентабельності комахозапилення соняшнику зріс на 16,4 %.

Регресійний аналіз як і за оптимістичного сценарію, так за реалістичним сценарієм, також підтвердив вигоду від комахозапилення. Згідно останнього (рис. 7.2) у 2019 р., передбачуваний прибуток від бджолозапилення становив ~1 тис. грн/га, а за увесь досліджуваний період 2019-2021 рр. – ~1,26 тис. грн/га.

Таблиця 7.3

Усереднені показники економічної ефективності та рентабельності виробництва 1 т насіння соняшника («реалістичний сценарій»)

Локація / рік	Дохід, тис. грн/т		Δ, тис. грн/га	% приросту	Витрати, тис. грн/т	Ціна реалізації, тис. грн/т	Рентабельність, %		
	ізоляція	комахо-запилення					ізоляція	комахо-запилення	% приросту
с. Форосна (2019 р.)	34,9	37,5	2,67	7,4	5,68	8,18	88,0	102,4	16,4
с. Хоростків (2020 р.)	36,4	42,8	6,38	17,6	7,10	9,93	46,2	71,8	55,4
с. Слобода-Комарівці (2021 р.)	28,2	51,4	23,22	82,3	8,26	17,2	77,3	223,3	188,9

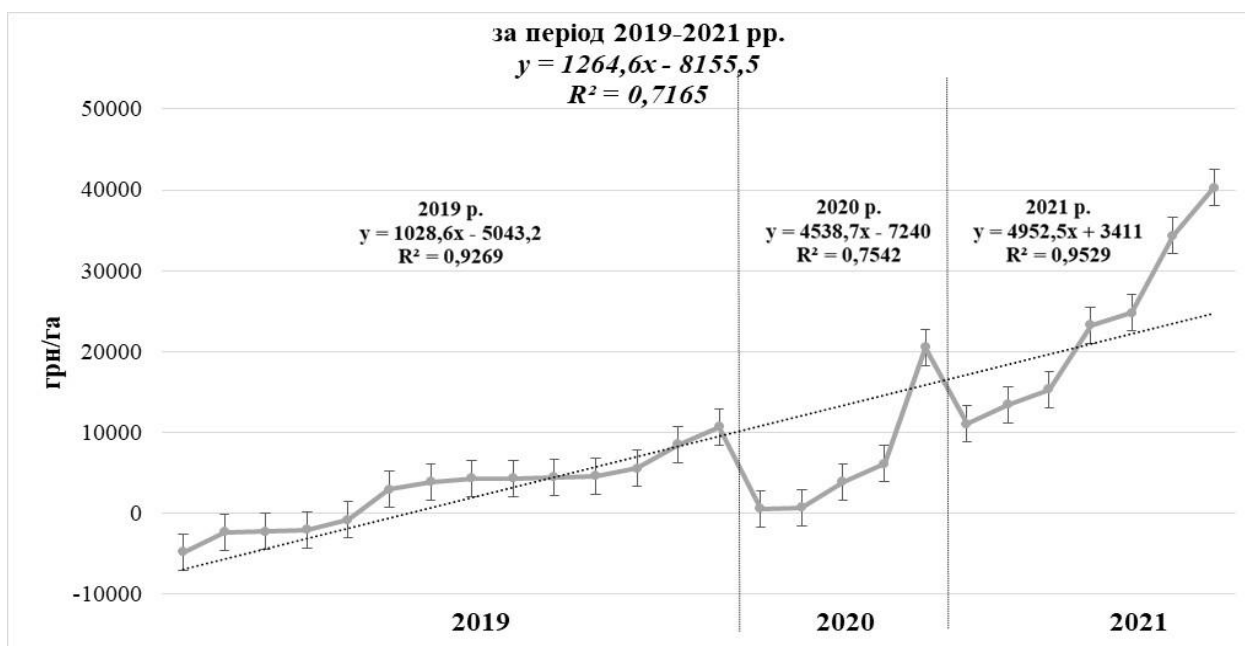


Рис. 7.2. Регресійний аналіз змін економічної ефективності вирощування соняшнику за умов запилення комахами («реалістичний сценарій»)

Отож, як за оптимістичного, так і за реалістичного сценаріїв прослідковується позитивна тенденція щодо отримання економічної вигоди від комахозапилення. Це доводить перспективність використання такого агротехнічного прийому як кероване бджолозапилення. При цьому на встановлений факт не вплинули і деякі «відхилення», виявлені в окремих випадках (мова йде про від'ємні значення економічної ефективності, отримані

для 5-ти гібридів 2019 р., у яких урожайність виявилася вищою в групі ізольованих рослин, а не, як очікувалося, у комахозапильних).

Схожі висновки щодо економічної ефективності бджолозапилення повідомляються й іншими дослідниками. Так, наприклад, Мороз К. визначено, що прибуток та рівень рентабельності бджолозапилення підвищується при вирощуванні соняху на 51,2 % та 50 %, а озимого ріпаку – на 74,4 % та 72,8 % відповідно (Мороз, 2022). Пундор М. вказує, що у 2017 р. недозапилення соняшника, обумовленого дефіцитом бджіл, коштувала аграріям ~15 млрд./рік (Кудиненко, 2017). За даними ННЦ «Інституту бджільництва ім. П.І. Прокоповича» недозапилення обходиться аграріям в недоотриманні 10-40 % товарного соняшнику. Правильне та своєчасне використання бджіл для запилення квіток соняшнику забезпечує прибавку врожаю на 0,2-0,5 т/га (Сисоліна, Пономаренко, 2023). Popescu A. вказує, що послуга запилення комахами має позитивний економічний вплив на с/г культури у Румунії, збільшивши у 2020 р. прибуток олійних культур, зокрема, соняшнику на ~204,96 млн євро та ріпаку на 68,85 млн євро, що в сумі склало 273,81 млн євро (Popescu, 2023). Feketéné Ferenczi A. з колегами у 2021 р. виходячи з поточних ринкових цін та враховуючи витрати, визначили цінність запилення як екосистемної послуги на рівні 50 270 євро/100 га/ рік для соняшнику та 54 000 євро/рік для ріпаку (Feketéné Ferenczi et al., 2023).

Після розрахунку показників економічної ефективності комахозапилення отримані результати можуть бути використані як основа для подальшого економетричного моделювання та прогнозування за різних схем вирощування соняшнику з урахуванням генетичного потенціалу гібридів та агроекологічних умов. Зокрема, оцінені прирости урожайності та відповідні економічні ефекти доцільно враховувати при побудові регресійних моделей, у яких урожайність або економічна ефективність виступають залежними змінними, а тип запилення, гібридні особливості, рік досліджень і локація – пояснювальними факторами. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити внесок кожного чинника у формування результативних показників і може бути

використано для обґрунтування доцільності впровадження запилення як елементу технології вирощування та для прийняття управлінських рішень у виробничій практиці. Адже обсяг продукції, що отримується з одиниці земельної площі, є інформативним показником ефективності використання продуктивного потенціалу земель в конкретних умовах та вихідним показником для розрахунку їх ефективності використання й дохідності (Смага та ін., 2023).

Таким чином, проведений нами аналіз економічної ефективності комахозапилення засвідчив, що підвищення урожайності с/г культур, зокрема соняшнику, внаслідок застосування даного агротехнічного прийому позитивно відображається на дохідності та рівню рентабельності виробництва. Найвищий ж рівень рентабельності, відповідно й економічної ефективності відмічено у передгірських умовах с. Слобода-Комарівці Чернівецької області.

Висновки до розділу 7

Аналіз економічної ефективності комахозапилення підтвердив позитивний вплив застосування даного агротехнічного прийому на рівень дохідності та рентабельності виробництва. Так, на основі розглянутих «оптимістичного» та «реалістичного» сценаріїв відзначено позитивну тенденцію щодо отримання економічної вигоди від комахозапилення (у першому випадку в середньому за досліджені роки на 16,3-82,3 %, у другому – на 7,4-82,3 % з рівнем рентабельності 36,2-188,9 % та 16,4-188,9 % відповідно). Останнє демонструє перспективність використання такого агротехнічного прийому як кероване бджолозапилення.

Результати регресійного аналізу засвідчили, що наявність запилювачів прогнозовано дозволяє отримати прибуток в розмірі 1,26-1,43 тис. грн/га.

Виявлено, що найвищий рівень економічної ефективності від комахозапилення спостерігався у передгірських умовах (с. Слобода-Комарівці Чернівецької області, 2021 р.), а з-поміж гібридів – у 2019 р. та 2020 р. для соняшників компанії «Limagrain» (LG 5665 M та LG 5478), в 2021 р. – для соняшників компанії «Euralis» (ES Rosalia).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично узагальнено та практично вирішено важливе наукове завдання щодо визначення впливу комахозапилення на елементи структури врожаю й продуктивність *Helianthus annuus* L. – однієї з ключових олійних культур, що має стратегічне значення для аграрного сектору та експортного потенціалу України. Удосконалено методичні підходи до визначення показників продуктивності соняшнику за різних умов доступу комах-запилювачів. На прикладі досліджених двадцяти сучасних високопродуктивних гібридів *H. annuus*, вирощених у різних ґрунтово-кліматичних умовах, продемонстровано позитивний вплив комахозапилення на продуктивність і біологічну урожайність культури. Результати аналізу економічної ефективності засвідчили перспективність застосування керованого бджолозапилення як агротехнічного прийому з метою підвищення прибутковості та рентабельності виробництва соняшнику. Отримані результати дають підставу зробити такі висновки:

1. Розроблено і апробовано алгоритм визначення показників продуктивності соняшнику за різних умов запилення, який узагальнює, розширює і доповнює наявні методичні підходи до аналізу впливу комахозапилення на елементи структури врожаю та продуктивність *H. annuus*. Виокремлено найінформативніші показники дослідження ефективності запилення гібридів соняшнику: загальна кількість і маса сім'янок у кошику, виповненість насіння за зонами кошикового диску, лущинність, маса 1000 насінин, олійність, натура. До визначення окремих з них розроблені методичні підходи. Показано доцільність визначення виповненості насіння окремо з трьох зон кошикового диску, а маси 1000 насінин, натури та олійності – у змішаній пробі з одного кошика, а також вказано на ефективність визначення олійності з необрушеного насіння, що не потребує додаткової підготовки матеріалу до аналізу і часових затрат.

2. Серед досліджених 20 гібридів виробництва 6 компаній, 14 (ES Bella,

ES Rosalia, NK Neoma, SY Experto, SY Arisona, NK Kondi, NK Brio, P62LE122, P62LL109, LG 5665 M, LG 5478, MAS 87A, MAS 81K, RGT Wollf) продемонстрували різні ступені чутливості до наявності комах-запилювачів за одним чи декількома показниками структури урожаю. Побудовано спадні ряди чутливості досліджених гібридів до комахозапилення за всіма дослідженими показниками. Виокремлено гібриди з високою чутливістю до умов запилення, для яких відзначено найістотніше покращення більшості досліджених показників в умовах доступу комах-запилювачів у порівнянні з показниками ізолюваних рослин (SY Experto, NK Kondi, LG 5478, ES Rosalia, RGT WOLLF).

3. Для гібридів, які продемонстрували статистично значуще поліпшення показників за проаналізованих умов комахозапилення у порівнянні з ізолюваними суцвіттями соняшнику в різних фізико-географічних зонах України, встановлено: збільшення загальної маси сім'янок у кошику – у 1,1-2,3 рази; збільшення маси 1000 сім'янок – у 1,2-1,6 рази; збільшення олійності – у 1,1-1,3 рази; зменшення лушпинності у 1,2-1,3 рази; збільшення натури – у 1,2-1,5 рази; збільшення загальної кількості сім'янок у кошику – у 1,1-2,7 рази.

4. Комахозапилення мало істотний позитивний вплив на показник виповненості сім'янок із максимальним проявом при керованому бджолозапиленні, в умовах якого у всіх досліджених гібридів встановлено зменшення частки невивірених сім'янок у периферійній зоні – на 5-47 % (в середньому – на ~36 %), в проміжній зоні – на 8-41 % (в середньому – на ~26 %), в центральній зоні – на 8-42 % (в середньому на ~20 %).

5. Комахозапилення сприяло зростанню біологічної урожайності у більшості досліджених гібридів (в середньому на + 31 %). Найбільш помітний вплив відзначено для гібридів ES Rosalia, NK Brio та RGT Wollf в умовах керованого бджолозапилення.

6. Аналіз комаховідвідування посівів *Helianthus annuus* L. засвідчив відносно невисокий рівень видового різноманіття ентомофауни, при цьому

домінуючим запилювачем соняшника була *Apis mellifera* L., частка якої становила 88,7-98,8 %. Серед інших видів комах-запилювачів, зафіксованих на посівах культури, відзначено *Bombus terrestris* L., *Scathophaga stercoraria* L., *Sphaerophoria scripta* L. та *Adelphocoris lineolatus* G.

7. На основі порівняльного аналізу результатів трирічних спостережень показників продуктивності та урожайності гібридів ES Rosalia, ES Bella, SY Kupava, NK Kondi та LG5478 встановлено сприятливість ґрунтово-кліматичних умов для вирощування соняшника на території Прут-Дністровської та Західноподільської височинних областей Зони широколистяних лісів України, а також істотний позитивний вплив керованого бджолозапилення у менш сприятливих умовах Передкарпатської височинної області гірського краю Українські Карпати. Найпомітніший значущий ефект комахозапилення відзначено для показників загальної маси сім'янок кошика, виповненості та біологічної урожайності.

8. Обґрунтовано диференційований підхід до просторового розміщення гібридів *Helianthus annuus* L. на виробничих полях з урахуванням ступеня їхньої залежності від комахозапилення. За результатами досліджень гібриди класифіковано за рівнем чутливості показників урожайності та якості насіння до наявності запилювачів, що дозволяє оптимізувати схеми розміщення посівів і використання мобільних пасік з метою забезпечення високої продуктивності культури в умовах виробництва.

9. Комахозапилення позитивно відображається на прибутку та рівні рентабельності виробництва соняшнику в досліджених фізико-географічних зонах України. Найвищий рівень економічної ефективності в умовах експерименту 2019 року демонструє гібрид LG 5665 M; 2020 р. – LG 5478; 2021 р. – ES Rosalia. Результати регресійного аналізу засвідчили, що наявність комахозапилення прогнозовано дозволяє додатково отримати прибуток в розмірі 1,26-1,43 тис. грн/га.

Практичні рекомендації. Науковцям, аграріям та профільним науково-дослідним установам, рекомендовано при вивченні впливу комахозапилення на елементи структури урожаю *H. annuus* використовувати розроблений і апробований алгоритм дослідження впливу комахозапилення, у якому вказано доцільність вимірювання показників загальної маси, кількості та виповненості сім'янок окремо з 3-х умовних зон кошика, а показників маси 1000 сім'янок, натуре, олійності – у змішаній пробі, сформованій з 1-го кошика. Крім того, олійність ліпше визначати з необрушеного насіння, що не вимагає додаткової підготовки зразків до аналізу та значних часових витрат

Для агровиробників рекомендовано враховувати просторове розташування масивів на виробничих полях окремих гібридів *H. annuus*, зважаючи на ступінь їх чутливості і присутності комах-запилювачів з метою отримання високих врожаїв. Так, до гібридів *H. annuus*, показники якості насіння яких значно покращуються за умов вільного комахозапилення в ґрунтово-кліматичних умовах Прут-Дністровської та Західноподільської височинних областей Зони широколистяних лісів України належать SY Experto, NK Kondi, ES Bella, MAS 87A, LG 5478, в менш сприятливих умовах Передкарпатської височинної області гірського краю Українські Карпати – ES Rosalia та RGT WOLLF. Для отримання з них більшого врожаю рекомендуємо доведення мобільних пасік. Достатньо високими показниками якості насіння за умов дефіциту запилювачів у перших двох згаданих фізико-географічних областях характеризуються SY Experto, NK Neoma і ES Rosalia. Допускається висівати ці гібриди у центрі поля, де ймовірність настачі комах-запилювачів. Показники якості насіння гібридів SY Kurava, Sumatra, SY Lascale не виявляли достовірних змін за різних умов доступу комах-запилювачів. Тому їх доцільно висаджувати у середній частині поля або на ділянках, де є вірогідність дефіциту комах-запилювачів.

Результати дисертаційної роботи використовуються під час викладання навчальних дисциплін для студентів спеціальності «Екологія» ОПІ «Екологія».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abbasi, K. H., Jamal, M., Ahmad, S., Ghramh, H. A., Khanum, S., Khan, K. A., ... & Zulfiqar, B. (2021). Standardization of managed honey bee (*Apis mellifera*) hives for pollination of Sunflower (*Helianthus annuus*) crop. *J. of King Saud University-Science*, 33(8), 101608. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101608>
2. Ali, H., Owayss, A. A., Khan, K. A., & Alqarni, A. S. (2015). Insect visitors and abundance of four species of *Apis* on sunflower *Helianthus annuus* L. in Pakistan. *Acta Zool. Bulg.*, 67(2), 235–240.
3. Altayeb, O. A. E., & Nagi, S. K. A. (2015). Efficacy of honeybees (*Apis mellifera*) on the production of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds in the Sudan. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3(2), 191–195. <https://doi.org/10.18006/2015.3%282%29.191.195>
4. Amarilla, L. D., Grilli, G., Huais, P. Y., Labuckas, D., Maestri, D., Ferrarese, M., ... & Galetto, L. (2025). Pollinators significantly enhance seed set, yields and chemical parameters of oil seed in sunflower crops. *Field Crops Research*, 322, 109736. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109736>
5. Andruszczak, S. (2017). The influence of tillage and chemical plant protection on weed infestation of winter spelt wheat cultivars (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) growing in continuous crop. *Agron. Sci.* 72, 77–87. <https://doi.org/10.24326/as.2017.4.8>
6. Aslan, M., & Yavuksuz, C. (2010). Effect of honey bee (*Apis mellifera* L.) and bumblebee (*Bombus terrestris* L.) pollinators on yield and yield factors in sunflower (*Helianthus annuus* L.) production areas. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(2), 332–335. DOI: 10.3923/javaa.2010.332.335
7. Astiz, V., Iriarte, L., Flemmer, A., & Hernández, L. (2011). Self-compatibility in modern hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.): Fruit set in open and self-pollinated (bag isolated) plants grown in two different locations. *Helia*, 34(54), 129–138. <https://doi.org/10.2298/hel1154129a>
8. Awais, M., Wajid, A., Saleem, M. F., Nasim, W., Ahmad, A., Raza, M.

A. S., & Hussain, J. (2018). Potential impacts of climate change and adaptation strategies for sunflower in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(14), 13719–13730. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1587-0>

9. Bartual, A. M., Bocci, G., Marini, S., & Moonen, A. C. (2018). Local and landscape factors affect sunflower pollination in a Mediterranean agroecosystem. *PloS one*, 13(9). e0203990. DOI:[10.1371/journal.pone.0203990](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203990)

10. Basavaraj, K., Jagadish, K. S., Soumya, S., Srinivasa, R. K. M., & Shadakshari, Y. G. (2016). Bee foraging on elite sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars and its impact on seed and oil yield. *Journal of Experimental Zoology India*, 19(2), 1191–1194. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29027.17440>

11. Białczyk, W., Cudzik, A., & Koryło, S. (2008). Evaluation of the cultivation simplifications in the aspect of their energy and time consumption, and crop yield. *Inżynieria Rol.*, 12, 75–80.

12. Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Zábranský, P., Hakl, J., Holec, J., Kvíz, Z., Procházka, L. (2017). Splash erosion in maize crops under conservation management in combination with shallow strip-tillage before sowing. *Soil Water Res.*, 12, 106–116. <https://doi.org/10.17221/147/2015-SWR>

13. Brewer, G. J., Miwa, K., & Hanford, K. (2023). Measuring bee effects on seed traits of hybrid sunflower. *Plants*, 12(14), Article 2662. <https://doi.org/10.3390/plants12142662>

14. Breza-Boruta, B., Kotwica, K., & Bauza-Kaszewska, J. (2021). Effect of tillage system and organic matter management interactions on soil chemical properties and biological activity in a spring wheat short-time cultivation. *Energies*, 14, Article 7451. <https://doi.org/10.3390/en14217451>

15. Calmasur, Ö., & Özbek, H. (1999). Pollinator bees (Hymenoptera, Apoidea) on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and their effects on seed setting in the Erzurum Region. *Turkish Journal of Biology*, 23(1), 73–90.

16. Chamer, A. M., Medan, D., Mantese, A. I., & Bartoloni, N. J. (2015). Impact of pollination on sunflower yield: Is pollen amount or pollen quality what matters? *Field Crops Research*, 176, 61–70.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.001>

17. Cherevatov, O. V., Babenko, V. V., & Yarovets, V. I. (2025). Mini-experiment in breeding: Genotyping of *Apis mellifera* L. colonies by two traits. *Biological Systems*, 17(1), 36–51. <https://doi.org/10.31861/biosystems2025.01.036>

18. Chevuru, S., de Wit, A., Supit, I., & Hutjes, R. (2023). Copernicus global crop productivity indicators: An evaluation based on regionally reported yields. *Climate Services*, 30, 100374.

19. Debaeke, P., Casadebaig, P., & Langlade, N. B. (2021). New challenges for sunflower ideotyping in changing environments and more ecological cropping systems. *OCL – Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 28, 29. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021016>

20. DeGrandi-Hoffman, G., & Chambers, M. (2006). Effects of honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging on seed set in self-fertile sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Environ. Entomol.*, 35, 1103–1108. DOI:10.1603/0046-225X-35.4.1103

21. Eraerts, M., Chabert, S., DeVetter, L. W., Batáry, P., Ternest, J. J., Verheyen, K., ... & Isaacs, R. (2024). Pollination deficits and their relation with insect pollinator visitation are cultivar-dependent in an entomophilous crop. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 369, 109036. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109036>

22. El-Bially, M. E., Saady, H. S., El-Metwally, I. M., & Shahin, M. G. (2022). Sunflower response to application of L-ascorbate under thermal stress associated with different sowing dates. *Gesunde Pflanzen*, 74(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00590-2>

a. FAO. Agricultural production statistics 2000-2022. (2023). FAOSTAT *Analytical Briefs*, 79, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9205en>.

23. FAOSTAT. (2025). Crops and livestock products. Official site of Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

24. Feketéné Ferenczi, A., Szűcs, I., & Bauerné Gáthy, A. (2023). Evaluation of the pollination ecosystem service of the honey bee (*Apis mellifera*)

based on a beekeeping model in Hungary. *Sustainability*, 15(13), 9906. <https://doi.org/10.3390/su15139906>

25. Fick, G. N. (1978). *Breeding and genetics*. In J. F. Carter (Ed.), *Sunflower science and technology* (Agronomy Monograph No. 19, pp. 279–338). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.

26. Gamajunova, V. V., Kuvshinova, A. O., Kudrina, V. S., & Sydiakina, O. V. (2020). Influence of biologics on water consumption of winter barley and sunflower in conditions of Ukrainian Southern Steppe. *Innovative Solutions In Modern Science*, 6(42), 149–176. [https://doi.org/10.26886/2414-634X.6\(42\)2020.9](https://doi.org/10.26886/2414-634X.6(42)2020.9)

27. Gamayunova, V., & Kudrina, V. (2020). Formation of aboveground mass and sunflower yield under the influence of certain elements of cultivation technology. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 24(1), 50–57. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1\(105\)-7](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7)

28. Garbar, L. A., Lishchuk, U., Dovbash, N. I., & Knap, N. V. (2021). Efficiency of fertilizing in sunflower cultivation technology. *Plant and Soil Science*, 12 (1), 28–38. <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.028>

29. Gentzbittel, L., Vear, F., Zhang, Y. X., & Berville, A. (1995). Development of a consensus linkage RFLP map of cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 90(8), 1079–1086. <https://doi.org/10.1007/BF00222925>

30. Ghallab, K. H., Mekdad, A. A. A., Sedik, F. S., & Abd ELwahed, H. M. (2025). Exploring genetic variability and heritability for strategic parent selection in sunflower (*Helianthus annuus* L.) breeding cytoplasmic male sterility, maintainer and restorer fertility lines. *Labyrinth: Fayoum Journal of Science and Interdisciplinary Studies*. DOI:[10.21608/ifjsis.2025.382796.1115](https://doi.org/10.21608/ifjsis.2025.382796.1115)

31. Goodrich, B. K. (2019). Do more bees imply higher fees? Honey bee colony strength as a determinant of almond pollination fees. *Food Policy*, 83, 150–160. DOI: [10.1016/j.foodpol.2018.12.00](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.12.00)

32. Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Bugeja

Douglas, A., ... & Brodschneider, R. (2023). Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019-2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 204–210. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329>

33. Greenleaf, S. S., & Kremen C. (2006). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13890–13895. <https://doi.org/10.1073/pnas.0600929103>

34. Hanhur, V. V., Kosminskyi, O. O., Mishchenko, O. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 1, 116–121. doi: 10.31210/visnyk2021.01.13

35. Hemanth, K. R., Srinivas, R. K. M., Shishira, D., & Eswarappa, G. (2020). Role of *Apis cerana* Fab. in sunflower pollination. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 648–654.

36. Herasymiuk, P., Zarochentseva, O., Zhuk, A., Leheta, U., Fylypchuk, T., Sytnikova, I., & Fedoriak M. (2025). The impact of insect pollination on seed and yield characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) linoleic hybrids in the Carpathian foothill zone of Ukraine. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 15(4), 131–140. <https://doi.org/10.31407/ijeess>

37. Hernández, L. F., & Pellegrini, C. N. (2019). Pattern analysis of visible faulty fruits in capitula: A case in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Plant Biology*, 10(1), 38–43. <http://dx.doi.org/10.4081/pb.2019.8317>.

38. Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. (2021). Honey bee colony losses: Why are honey bees disappearing? *Sociobiology*, 68(1), 5851. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i1.5851>

39. Huang, H., Ullah, F., Zhou, D.X., Yi, M., & Zhao, Y. (2019). Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 10, 800. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.0080024>.

40. Hussain, S., Khalili, A., Qayyum, A., Khan, S. U., Mehmood, A.,

Ahmad, G., ... & Zeng, Y. (2025). Optimizing sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids growth, achene and oil yield through soil applied Sulphur and Zinc. *Scientific Reports*, 15 (1), 13829. DOI: [10.1038/s41598-025-96800-2](https://doi.org/10.1038/s41598-025-96800-2)

41. Iqbal, S., Ali, M., Khan, F. Z. A., Iqbal, N., & Nawaz, F. (2022). Linking bird resistant and susceptible sunflower traits with pollinator's fauna and seed production. *Sociobiology*, 69(2), e7757-e7757. DOI: [10.13102/sociobiology.v69i2.7757](https://doi.org/10.13102/sociobiology.v69i2.7757)

42. Ivanov, O. P., & Shevchenko, D. M. (2021). Effect of chelated micronutrients on seed germination and oil composition in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Crop Sci.* 14(2). 45–53. [https://doi:10.1234/jcs.2021.4567](https://doi.org/10.1234/jcs.2021.4567)

43. Jadhav, J. A., Sreedevi, K., & Prasad, P. R. (2011). Insect pollinator diversity and abundance in sunflower ecosystem. *Current Biotica*, 5, 344–350.

44. Janmohammadi, M., & Sabaghnia, N. (2023). Tillage intensity by organic fertilization interaction on sunflower performance and some soil properties. *Helia*, 46(78), 77–87. doi: [10.1515/helia-2023-0005](https://doi.org/10.1515/helia-2023-0005).

45. Jaskulska, I., & Jaskulski, D. (2020). Strip-till one-pass technology in central and eastern Europe: a mzuri pro-til hybrid machine case study. *Agronomy*, 10, 925. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070925>

46. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Šeremešić, S., Dolijanović, Ž., Zsembeli, J., Ujj A., Marjanovic J., Smutny V., Dušková S., Neudert L., Macák M., Wilczewski E., & Đurđević, B. (2025). Conservation soil tillage: bridging science and farmer expectations – an overview from Southern to Northern Europe. *Agriculture*, 15(3), 260. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030260>

47. Jug, I., Jug, D., Brozović, B., Vukadinović, V., & Đurđević, B. (2022). Basics of soil science and plant production. In *Basic of soil science and plant production* (pp. 303–395). Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek.

48. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., & Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of

Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11(8), 1331-1344. doi: [10.4236/ajps.2020.118095](https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095).

49. Kaviani, B. (2011). Self-incompatibility in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Aust J Crop Sci*, 5(6), pp.778-800. DOI 10.2298/HEL1154129A

50. Khursheed, S., Simmons, C., Wani, S.A., Ali, T., Raina S. K., Najar G. R (2019). Conservation tillage: Impacts on soil physical conditions– an overview. *Adv. Plants Agric. Res.*, 9, 342–346. <https://doi.org/10.15406/apar.2019.09.00446>.

51. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

52. Klymenko, A. I., & Yaroshenko, O. H. (2022). Meteorologichni chynnyky ta yikh vplyv na yakist nasinnia oliinykh kultur v umovakh pivdnia Ukrainy. *Agroekol. Zhurnal*, 1, 47–52.

53. Kotwica, K., Gałęzewski, L., Wilczewski, E., Kubiak, W. (2024). Reduced tillage, application of straw and effective microorganisms as factors of sustainable agrotechnology in winter wheat monoculture. *Agronomy*, 14, 738. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040738>.

54. Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav N., Kumar, M., Kumar, V., Vyas, P., Dhaliwal, H. S., Saxenae, A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and ecofriendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101487. DOI:10.1016/j.bcab.2019.101487

55. Kumar, H., Srinivasa Reddy, K. M., Shishira, D., & Eshwarappa, G. (2020). Role of *Apis cerana* Fab. in sunflower pollination. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 648–654.

56. Kumar, M., & Singh, R. (2003). Pollination efficiency of *Apis mellifera* in seed production of sunflower *Helianthus annuus* L. *Journal of Entomological Resources*, 27 (2), 131–134.

57. Latif, A., Malik, S. A., Saeed, S., Iqbal, N., Saeed, Q., Khan, K. A.,

Ting, C., & Ghramh, H. A. (2019). Diversity of pollinators and their role in the pollination biology of chickpea, *Cicer arietinum* L. (Fabaceae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(2), 597–601. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.03.009>

58. Liabah, S. (2022). Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus* L.) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. *Agroecological Journal*, 4, 130–135.

59. Liović, I., Mijić, A., Markulj Kulundžić, A., Duvnjak, T., & Gadžo, D. (2017). Influence of weather conditions on grain yield, oil content and oil yield of new os sunflower hybrids. *Poljoprivreda*, 23(1), 34–39. <http://dx.doi.org/10.18047/poljo.23.1.6>

60. Mallinger, R. E., & Prasifka, J. R. (2017). Bee visitation rates to cultivated sunflowers increase with the amount and accessibility of nectar sugars. *Journal of Applied Entomology*, 141, 561–573. DOI: 10.1111/jen.12375.

61. Mallinger, R. E., Bradshaw, J., Varenhorst, A. J., & Prasifka, J. R. (2019). Native solitary bees provide economically significant pollination services to confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.) (Asterales: Asteraceae) grown across the Northern Great Plains. *Journal of Economic Entomology*, 112, 40–48. <https://doi.org/10.1093/jee/toy322>

62. Mallinger, R., & Prasifka, J. (2017). Benefits of insect pollination to confection sunflowers differ across plant genotypes. *Crop Science*, 57, 3264–3272. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.03.0148>

63. Marinković, R., Škorić, D., Nenadić, N., Jovanović, D., Miklič, V., Joksimović, J., Stanojević, D., & Nedeljković, S. (1994). Uticaj položaja semena u glavi na prinos i neke komponente prinosa semena kod suncokreta (*Helianthus annuus* L.). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 22, 379–389.

64. Meena, H. P., Manimurugan, C., & Sujatha, M. (2025). Hybrid seed production technology in sunflower. In *Hybrid Seed Production for Boosting Crop Yields: Applications, Challenges and Opportunities* (pp. 303-345). Singapore: Springer Nature Singapore.

65. Mehmood, K., M. Naeem, M. Ahmad & S.J. Butt. (2018). Diversity of

sunflower insect pollinators and their foraging behavior under field conditions. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 18(1), 14–27. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.427584>

66. Minhas, W. A., Mumtaz, N., Ur-Rehman, H., Farooq, S., Farooq, M., Ali, H. M., & Hussain, M. (2023). Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. *Front. Plant Sci.* 14, 1176738. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176738>.

67. Minhas, W. A., Mumtaz, N., Ur-Rehman, H., Farooq, S., Farooq, M., Ali, H. M., & Hussain, M. (2023). Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1176738. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176738>

68. Mrdja, J., Crnobarac, J., Radić, V., & Miklič, V. (2012). Sunflower seed quality and yield in relation to environmental conditions of production region. *Helia*, 35(57), 123–134. <https://doi.org/10.2298/hel1257123m>

69. Muhammad, W., Saeed, S., Ahmad, A., Yasir Ishfaq, M., & Mahtab Anjum, M. (2021). Pollinator community of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and its role in crop reproductive success. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2, 1–6. DOI: 10.35495/ajab.2020.07.398

70. Nderitu, J., Nyamasyo, G., Kasina, M., & Oronje, M. L. (2008). Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), 271–278. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-318>

71. Nobile, C. M., Bravin, M. N., Becquer, T., & Paillat, J. M. (2020). Phosphorus sorption and availability in an andosol after a decade of organic or mineral fertilizer applications: Importance of pH and organic carbon modifications in soil as compared to phosphorus accumulation. *Chemosphere*, 239, article number 124709. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124709.

72. Omelchun, Y. A., Shevchenko, L. V., Nikitina, L. M., Solomon, V. V., Mykhalska, V. M., Furman, S. V., Lisohurska, D.V., & Lisohurska, O. V. (2025). Pesticides as a cause of honeybee (*Apis mellifera*) mortality and their persistence in honey. *Biosystems Diversity*, 33(1), e2501. doi:10.15421/012501

<https://ecology.dp.ua/index.php/ECO/article/view/1345/1252>

73. Orzech, K., Rychcik, B., & Stępień, A. (2011). Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 28, 63–70.

74. Oz, M., Karasu, A., Cakmak, I., Goksoy, A. T., & Turan, Z. M. (2009). Effects of honeybee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Afr. J. Biotechnol.*, 8, 1037–1043.

75. Padhy, D., Satapathy, C. R., Borkataki, S., Shankar, T., Ray, S., Yadav, M. K., Kalasare, S., Hosamani, G., & Ramalakshmi, V. (2024). Pollinators diversity and pollination effects on yield attributes of sunflower (*Helianthus annuus* Linnaeus) in Odisha, India. *Entomon*, 49(1), 103–108. DOI: [10.33307/entomon.v49i1.1043](https://doi.org/10.33307/entomon.v49i1.1043)

76. Paiva, G. J., Terada, Y., & de Toledo, V. d. A. A. (2003). Seed production and germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in three pollination systems. *Acta Sci. Anim. Sci.*, 25, 223–227. DOI: [10.4025/actascianimsci.v25i2.1974](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v25i2.1974)

77. Pendergrass, A. G., Knutti, R., Lehner, F., Deser, C., & Sanderson, B. M. (2017). Precipitation variability increases in a warmer climate. *Scientific reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17966-y>

78. Perrot, T., Bretagnolle, V., Acar, N., Febvret, V., Matejicek, A., Grégoire, S., & Gaba, S. (2024). Bees improve oil quality of oilseed rape. *Basic and Applied Ecology*, 76, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2024.02.002>

79. Perrot, T., Gaba, S., Roncoroni, M., Gautier, J.-L., & Bretagnolle, V. (2018). Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.020>

80. Petcu, V., & Ciontu, C. (2014). The effect of imidazolinone and tribenuron-methyl tolerant sunflower technology on weed control efficiency and soil quality. *Seria Agronomie*, 57(2), 53–58. [https://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2014-2/paper/2014-57\(2\)_08-en.pdf](https://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2014-2/paper/2014-57(2)_08-en.pdf)

81. Petrova, L. I., & Koltun V. (2022). Impact of micronutrient treatment on oilseed yield and oil quality of sunflower. *Agric. Res. Technol.* 8(1), 12–19.

<https://doi.org/10.5678/art.2022.080112>

82. Pichura, V., Potravka, L., Domaratskiy, Ye., & Petrovas, S. (2023). Spatiotemporal patterns and vegetation forecasting of sunflower hybrids in soil and climatic conditions of the Ukrainian Steppe zone. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 27(3), 31-45. doi: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.31.

83. Popescu, A. (2023). Insect pollination economic value of agricultural oil-seeds crops in Romania in the period 2010-2020. *Annals of the Academy of Romanian Scientists Series Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences*, 10(2), 54–71.

84. Puraikalan, Y., & Scott, M. (2023). Sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) and health benefits: A review. *Recent Progress in Nutrition*, 3(3), 1–5. doi:10.21926/rpn.2303010

85. Radić, V., Mrđa, J., Jocković, M., Čanak, P., Dimitrijević, A., & Jocić, S. (2013). Sunflower 1000-seed weight as affected by year and genotype. *Ratarstvo i povrtarstvo / Field and Vegetable Crops Research*, 50(1), 1–7. <https://doi.org/10.5937/ratpov50-3214>

86. Rajasri, M., Kanakadurga, K., Rani, V. D., & Anuradha, C. (2012). Honeybees-potential pollinators in hybrid seed production of sunflower. *Indian Bee Journal*, 50, 63–64.

87. Regitano Neto, A., Miguel, A. M. R. D. O., Mourad, A. L., Henriques, E. A., & Alves, R. M. V. (2016). Environmental effect on sunflower oil quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16, 197–204. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n3a30>

88. Reicosky, D. C. (2015). Conservation tillage is not conservation agriculture. *Journal Soil Water Conserv.*, 70, 103–108. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.5.103A>.

89. Safiollin, F., Minnullin, G., Suleymanov, S., Loginov, N., & Trautz, D. (2020). Techniques for rational use of technical equipment in sunflower oilseeds production. In *BIO web of conferences*, 27, 00012). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700012>

90. Santalla, E. M., Dosio, G. A. A., Nolasco, S. M., & Aguirrezábal, L. A. N. (2002). The effects of intercepted solar radiation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed composition from different head positions. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79, 69–74. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0437-2>
91. Sato, T., Takahata, Y., Noda, T., Yanagisawa, T., Morishita, T., & Sakai, S. (1995). Nondestructive determination of fatty acid composition of husked sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds by near-infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1177–1183. <https://doi.org/10.1007/BF02540985>
92. Saady, H. S., El-Metwally, I. M., & Shahin, M. G. (2021). Co-application effect of herbicides and micronutrients on weeds and nutrient uptake in flooded irrigated rice: Does it have a synergistic or an antagonistic effect? *Crop Protection*, 149, 105755. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105755>
93. Saady, H. S., Salem, E. M. M., & Abd El-Momen, W. R. (2023). Effect of potassium silicate and irrigation on grain nutrient uptake and water use efficiency of wheat under calcareous soils. *Gesunde Pflanzen*, 75(3), 647–654. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00729-9>
94. Sawatthum, A. (2020). Role of Stingless Bee, *Tetragonula pegdeni* and European honey bee, *Apis mellifera* in the pollination of confectionery sunflower. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(3), 368–377. <https://doi.org/10.14456/tjst.2020.26>
95. Schneiter, A. A., & Miller, J. F. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21(6), 901–903. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>
96. Seiler, G. J., Gulya, T. J., & Marek, L. F. (2006). Exploration for wild *Helianthus* species from the desert southwestern USA for potential drought tolerance. *Helia*, 29(45), 1–10. <https://doi.org/10.2298/HEL0645001S>
97. Sendekiy, V. (2017). Cost efficiency of sunflower cultivation in terms of presowing seed treatment by growth stimulants. *Podolian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 27, 316–320

98. Shebanin, V., Drobitko, A., Panfilova, A., & Markova, N. (2024). Development and implementation of energy-saving technologies for growing sunflower hybrids in the south of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27 (8), 90–99. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.90>
99. Shpak, Y. V., Leheta, U. V., & Sosnovskyi, K. S. (2023). Importance of pollinator diversity for sunflower seed production. *Agrology*, 6 (4), 79–85. <https://doi.org/10.32819/021113>;
100. Silva, C. A. S., Godoy, W. A. C., Jacob, C. R. O., Thomas, G., Câmara, G. M. S., & Alves, D. A. (2018). Bee pollination highly improves oil quality in sunflower. *Sociobiology*, 65(4), 583–590. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3367>
101. Sobko, M., Zakharchenko, E., Kolisnyk, O., Medvid, S., Kysylchuk, A., Krokhin, S., ... & Surzhykov, M. (2024). Yield and energy efficiency of sunflower cultivation under different primary soil tillage methods. *Modern Phytomorphology*, 18 (6), 200–204. DOI: 10.5281/zenodo. 200121.
102. Susic Martin, C., & Farina, W. M. (2016). Honeybee floral constancy and pollination efficiency in sunflower (*Helianthus annuus*) crops for hybrid seed production. *Apidologie*, 47(2), 161–170. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0384-8>
103. Torretta, J. P., & Poggio, S. L. (2013). Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. *Journal of Natural history*, 47(3-4), 139–165. <https://doi.org/10.1080/00222933.2012.742162>
104. Tynkevich, Y. O., Blyzniuk, K. H., Ivanovych, Y. I., Roshka, N. M., Tokaryuk, A. I., Shelyfist, A. Y., & Volkov, R. A. (2025). Genetic diversity of Ukrainian populations of invasive species of the genus *Galinsoga* assessed by ISSR-markers. *Cytology and Genetics*, 59(1), 11-23.
105. Tynkevich, Y. O., Boychuk, S. V., Shelyfist, A. Y., Chorney, I. I., & Volkov, R. A. (2023). Molecular phylogeny and genetic diversity of carpathian members of the genus *Muscari* inferred from plastid DNA sequences. *Cytology and Genetics*, 57(5), 387-398.

106. Vasylykovska, K., Andriienko, O., Vasylykovskyi, O., Andriienko, A., Popov, V., & Malakhovska, V. (2021). Dynamics of export potential of sunflower oil in Ukraine. *Helia*, 44(74), 115–123. <https://doi.org/10.1515/helia-2021-0001>
107. Velasco, L., Fernández-Martínez, J. M., & Fernández, J. (2015). Sunflower production in the European Union. In Martínez-Force, E. et al. (Eds.). *Sunflower*. Elsevier (pp. 555–573). <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50024-6>
108. Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Deckers, J., & Sayre, K. D. (2010). Conservation agriculture: Improving soil quality for sustainable production systems. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Advances in soil science: Food security and soil quality* (pp. 137–208). CRC Press.
109. Vician, T., Černý, I., Ernst, D., Zapletalová, A., & Skopal, J. (2022). Aspects of the production process of sunflower (*Helianthus annuus* L.) depending on the year and different cultivation technology. *Acta fytotechnica et zootechnica*, 25(2), 130–136. <https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.02.130-136>
110. Wilczewski, E., Sadkiewicz, J., Piotrowska-Długosz, A., & Gałęzewski, L. (2021). Change of plant nutrients in soil and spring barley depending on the field pea management as a catch crop. *Agriculture*, 11, 394. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050394>.
111. Wisdom Library. (2025). Significance of Biological yield. The concept of biological yield in scientific sources. <https://www.wisdomlib.org/concept/biological-yield>.
112. Wojtaszek, J. W., & Maier, C. (2014). A microscopic review of the sunflower and honeybee mutualistic relationship. *International Journal of AgriScience*, 4(5), 272–282, <https://hdl.handle.net/11274/17054>
113. Woźniak, A., & Rachoń, L. (2020). Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. *Agriculture*, 10, 405. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090405>.
114. Yazlovytska, L. S., Karavan, V. V., Domaciuk, M., Panchuk, I. I.,

Borsuk, G., & Volkov, R. A. (2023). Increased survival of honey bees consuming pollen and beebread is associated with elevated biomarkers of oxidative stress. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1098350. DOI: 10.3389/fevo.2023.1098350

115. Zimmerman, D. W., & Zumbo, B. D. (1993). Relative power of the Wilcoxon test, the Friedman test, and repeated-measures ANOVA on ranks. *The Journal of Experimental Education*, 62(1), 75–86. <https://www.jstor.org/stable/20152399>

116. Zinchenko, O. I. (2016). *Roslynnystvo* (3rd ed., revised and expanded). Uman: Sochinskyi M. M.

117. Абріталіна, Л. Р., Хасанова, Х. Х., Довбня, О. О., & Артеменко, О. О. (2020). Роль олійних культур в ефективності галузі рослинництва. *Вісник СНТ ННІ бізнесу і менеджменту ХНТУСГ*, 1, 127–132.

118. Агрономічні принципи вирощування соняшнику. 2020. <https://www.yara.ua/crop-nutrition/sunflower/sunflower-agronomical-principles/>

119. Адамчук, Л. О. (2020). *Ефективне використання бджіл для запилення садів та ягідників* (Методичні рекомендації). СТ-Друк.

120. Адамчук, Л., Лісогурська, Д., Фурман, С., & Лісогурська, О. (2021). *Забезпеченість бджолозапилення в Україні: методичний посібник* [Електронне видання]. https://www.researchgate.net/profile/Leonora-Adamchuk/publication/355177979_Zabezpecenist_bdzolozapilenna_v_Ukraini_metodicnij_posibnik/links/6164a6960bf51d481776865b/Zabezpecenist-bdzolozapilenna-v-Ukraini-metodicnij-posibnik.pdf

121. Андрієнко, О. О., Андрієнко, А. Л., & Жужа, О. О. (2016). Причини невиконаності насіння та кошика соняшнику. *Пропозиція*, 3, 60–68.

122. Багай, Т., & Лихочвор, В. (2022). Урожайність соняшнику (*Helianthus annuus*) залежно від гібрида в умовах західного лісостепу України. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 26, 67–71. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.067>

123. Баган, А. В., Шакалій, С. М., Головаш, Л. М., Голуб-Маковецька,

I. A., & Малов, П. О. (2024). Вплив мікродобрива LF-соняшник на продуктивність гібридів соняшнику. *Аграрні інновації*, 28, 14–19. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.2>

124. Бажик П. (2020). Пчелі на соняшнику. Приріст урожайності 100 тис грн на медові. Куркуль. <https://www.youtube.com/watch?v=RIIMOWpEIJl&t=15s>

125. Балдик, Д. О. (2016). Вплив бджолозапилення соняшнику на фінансову безпеку сільськогосподарських виробників. У Ю. О. Нестерчук (ред.), *Стан та проблеми функціонування підприємницьких структур в умовах перманентної економіки* (с. 179–185). Видавець «Сочінський».

126. Банєв, С. Р. (2025). Соняшник як джерело біоенергії: перспективи розвитку. У *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри: матеріали Міжнародного форуму* (с. 23–25). Миколаївський національний аграрний університет. <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-5>

127. Беспалько Р. І., Мирончук К. В., Гуцул Т. В. (2023). Основні періоди розвитку пожезахисних лісових смуг на території України. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. К., КНУБА, 2023. Вип. 82. С. 17–29.

128. Борисенко, В. В. (2016). Продуктивність різностиглих гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь у Лісостепу Правобережному (Дис. на здоб. наук. ст. канд. с.-г. наук). Уманський національний університет садівництва, Умань.

129. Борисенко, В. В. (2022). Вплив елементів технології вирощування на продуктивність різностиглих гібридів соняшника. *Таврійський науковий вісник*, 123, 15–21. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.3>

130. Борисенко, В. В., Карнаух, О. Б., Накльока, Ю. І., Новак, А. В., Усик, С. В., & Коваль, Г. В. (2020). Вплив висоти рослин і діаметру кошиків на продуктивність соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*, 28–34.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2020_113_6

131. Вахняк, В., Смага, І., & Мирончук, К. (2025). Вплив рослинності та способу використання на фракційно-груповий склад гумусу дерново-карбонатних ґрунтів Придністер'я. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 17(2), 314-322. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2025.02.314>

132. Виробники соняшнику в Україні. (2025). <https://tripoli.land/ua/farmers/proizvoditeli-zerna/proizvoditeli-podsolnechnika>

133. Власенко, Т. (2023). Сучасні тенденції розвитку корпоративних аграрних підприємств. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 320(4), 49–54. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-320-4-7>

134. Гадзало, Я. М., Вожегова, Р. А., & Лікар, Я. О. (2025). Ефективність впливу біопрепаратів на елементи продуктивності та якість гібридів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 38, 60–69. <https://doi.org/10.36710/IOC-2025-38-06>

135. Гамаюнова, В. В., & Кудріна, В. С. (2020). Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 1(105), 50–57. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1\(105\)-7](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7)

136. Гамаюнова, В. В., & Павлов, В. О. (2025b). Оптимізація живлення як ефективний підхід до використання вологи. У *Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації*: Збірник тез XIII Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 25-26 березня 2025 року) (с. 298–301) DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg2025>

137. Гамаюнова, В. В., & Павлов, В. О. (2025a). Вміст жиру в насінні соняшнику за комплексного впливу біодеструкторів стерні, позакореневого підживлення та передпосівної обробки насіння. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 38, 70–79. <https://doi:10.36710/IOC-2025-38-07>

138. Гангур, В. В., & Мотрич, Р. Ю. (2023). Формування продуктивності гібридів соняшнику за різної густоти стеблестою. *Актуальні*

напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (23 листопада 2023 року, м. Полтава) (с. 136–138). ПДАУ.

139. Гангур, В. В., Космінський, О. О., Лень, О. І., & Тоцький, В. М. (2022). Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 50–56.

140. Гарбар, Л. А., & Ванджура, М. В. (2025). Біометричні параметри асимілюючої поверхні рослин соняшнику. *Аграрні інновації*, (31), 29–34. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.5>

141. Герасимюк, П. В., & Федоряк, М.М. (2025). Зміни показників продуктивності та біологічної урожайності гібридів *Helianthus annuus* L. за різних умов запилення. *Екологічні науки*, 5(62), 76–83. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.13>

142. Герасимюк, П. В., Зароченцева, О. Д., & Федоряк, М. М. (2025). Перспективи поширення гібриду соняшнику Euralis Rosalia в умовах Чернівецької області. У Я. Коробейникова, О. Кондрат, С. Побігун, С. Король, В. Витвицький, Г. Грицуляк, & Т. Яцишин (Ред.). *Адаптація до глобальних змін та викликів в економіці, туризмі, рекреації та захисті довкілля* (с. 341–343). Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. <https://drive.google.com/file/d/1eEAitPAhuq0T04vSKkzk1nnLrFgq2pZ8/view>

143. Герасимюк, П., Зароченцева, О., & Лакуста, О. (2025). Вплив комах-запилювачів на урожайність гібридів *Helianthus annuus* L. в умовах передгір'я. У М. М. Федоряк (Ред.), *Соціоекосистеми в умовах війни та інших викликів* (с. 166–172). Видавництво Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. https://ecology.chnu.edu.ua/media/oulhfrcu/zbirnyk_materialiv_sotsioekosystemy_v_umovakh_viiny.pdf

144. Гербіцидний захист соняшнику за класичною технологією вирощування (2022). https://agronomy.com.ua/statti/oliini/1078-herbitsydneyi-zakhyst-soniashnyku-za-klasychnoi-tekhnolohiiei-vyroshchuvannia.html?utm_source=chatgpt.com

145. Гладкий, Ф., & Тарадайченко, М. (2012). Удосконалення технології переробки насіння соняшнику на олієдобуваючому підприємстві. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (17), 103–106.
146. Глібко А. (2024). ТОП агрохолдингів України 2024 року. <https://economist.com.ua/top-agricultural-holdings-of-ukraine-in-2024/>
147. Гречка, Г. М., & Кулинич, І. М. (2023). Соняшник – універсальна культура в сучасному сільськогосподарському виробництві України. *Бджільництво України*, 11, 23–30.
148. Григоренко, С. (2023). Рейтинг виробників та гібридів насіння кукурудзи, соняшника і сортів озимої пшениці в Україні у 2023 році. <https://superagronom.com/blog/1014-reyting-virobnikiv-ta-gibridiv-nasinnya-kukurudzi-sonyashnika-i-sortiv-ozimoyi-pshentsi-v-ukrayini-u-2023-rotsi>
149. Григорів, Я. Я. (2021). Економічна ефективність вирощування соняшнику в умовах Прикарпаття України. *Інновації в освіті, науці та виробництві: Збірник матеріалів доповідей учасників V Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції* (с. 35).
150. Губенко, Л. (2020). Інтенсивна технологія вирощування соняшнику. *Агрономія сьогодні*. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/19400-intensyvna-tekhnologiiia-vyroshchuvannia-soniashnyku.html>
151. Гунчак, М. В., Паламарчук, Р. П., & Пасічняк, В. І. (2025). Стан родючості ґрунтів передгірської зони Чернівецької області. *Агроекологічний журнал*, 2, 100–108. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2025.333829>
152. Гуска, С. В. (2020). Урожайність соняшнику залежно від використання біопрепаратів та мікродобрив. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*. Матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет конференції (с. 110–113).
153. Гутянський, Р. А., Макляк, К. М., Курилич, Д. В., & Кутіщев, Н. М. (2024). Прояв господарських ознак трилінійних гібридів соняшнику,

стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовин. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 36, 29-38.
https://www.bulletin.imk.zp.ua/pdf/2024/36/Hutianskyi_36.pdf

154. Гутянський, Р., Кузьменко, Н., Огурцов, Ю., & Глибокий, О. (2025). Біологічна врожайність високоолеїнового соняшнику залежно від ґрунтового та позакореневого удобрення. *Вісник аграрної науки*, 103(7), 39–46.

155. Гуцул, Т., Мирончук, К. (2022). Проблемні моменти визначення метричних характеристик деревостанів під час дешифрування. *Просторовий розвиток*, (2), 115–131. DOI: 10.32347/2786-7269.2022.2.115-131

156. *Ґрунти України: Інтерактивні карти*. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/soil.html>

157. Державна служба статистики в Україні. (2025). <https://data.gov.ua/dataset>

158. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. (2006). *ДСТУ 4694:2006 Соняшник. Олійна сировина. ТУ*. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75707

159. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації (1993). *ДСТУ 2240-93 Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови*. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91422

160. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. (1994). *ДСТУ 2949-94 Насіння сільськогосподарських культур. Терміни та визначення*. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91432

161. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. (2002). *ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості*. https://fitolab-ck.dpss.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/dstu-4138_2002.pdf

162. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. (2009). *ДСТУ 7011-2009 Соняшник. Технічні умови*.

<https://ukrmts.com/docsdb/9578.html>

163. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. (2019). ДСТУ 8836-2019 *Насіння олійних культур. Методи визначення вмісту лушпиння*. <https://ukrmts.com/docsdb/25363.html>

164. Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. (2015). ДСТУ ISO 520:2015. *Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT)*. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86231

165. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (станом на 15.07.2025). <https://wd.clarity-project.info/resource/32ea0f72-86e4-490d-9ab9-4d64976187c6>.

166. Дмитров, С. Г. (2015). Стабільність та пластичність сучасних гібридів соняшнику. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*, 3, 117–124.

167. Домарацький, Є. О., Добровольський, А. В., Базалій, В. В., Пічура, В. І., & Домарацький, О. О. (2020). *Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення*. Олді-плюс.

168. Домарацький, Є. О., Пічура, В. І., Козлова, О. П., Бойко, М. О., & Панфілова, А. В. (2025). Ефективність еколого-безпечних препаратів комбінованої дії на продуктивність *Helianthus annuus* L. за різної щільності ценозу. *Український журнал природничих наук*, 7, 127–140. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.14>.

169. Драган, О. О., & Зубченко, В. В. (2023). Особливості функціонування аграрних холдингових компаній в Україні. *Економічні науки. Інвестиції: практика та досвід*, 5, 44–50. DOI: 10.32702/2306-6814.2023.5.44

170. Зароченцева, О. Д., & Герасимюк, П. В. (2024). Облік комах-запилювачів на посівах соняшника. У В. П. Коцур, Л. М. Воловик, А. В. Гузун, Н. М. Євтушенко, С. М. Кикоть, В. М. Носаченко, О. В. Руденко, А. А. Садиков, О. Б. Складенко, Ш. С. Халматова, & Н. Ф. Юхименко (Ред.), *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації* (с. 13–

16) Університет Григорія Сковороди в Переяславі http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17808/1/Zb_nauk_prats_Pereiaslav_Vyp-91_2024_.pdf

171. Зароченцева, О. Д., Жук, А. В., Федоряк, М. М., Черлінка, Л. В., Твердохліб, М. В., Герасимюк, П. В., & Черлінка, В. Р. (2022). Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 14(1), 62–71. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>

172. Зароченцева, О. Д., Черлінка, Л. В., Жук, А. В., Черлінка, В. Р., Герасимюк, П. В., Федоряк, М. М. (2022). Вплив комахозапилення на насінніві характеристики та врожайність гібридів соняшника. *Бджільництво України*, 1(9), 46–57. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>

173. Зароченцева, О., Жук, А., Федоряк, М., Черлінка, Л., Твердохліб, М., Герасимюк, П., & Черлінка, В. (2022b). Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L. *Biological systems*, 14(1), 62–71. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>

174. Зароченцева, О., Черлінка, Л., Жук, А., Черлінка, В., Герасимюк, П., & Федоряк, М. (2022a). Вплив комахозапилення на насінніві характеристики та врожайність гібридів соняшника. *Бджільництво України*, 1(9), 46–56. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>

175. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Проєкту стратегії розвитку Чернівецької області на період до 2027 року (оновлена редакція). (2024). URL: <https://bukoda.gov.ua/documents/strategiya-rovzitku-oblasti>

176. Зінченко, О. І. (2016). *Рослинництво* (3-тє вид., доповнене і перероблене) [Підручник]. Сочінський М. М.

177. Іваненко, Т. В., & Сидоренко, Р. О. (2019). Вплив бору та цинку на урожайність і якість насіння соняшнику. *Наукові праці Інституту зернових культур НААН*, 12, 34–38.

178. Іващенко, Н. А. (2021). Вплив способу посіву та норми висіву на продуктивність соняшника в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Шестірна» Криворізького району Дніпропетровської

області (магістерська робота). Дніпровський державний аграрно-економічний університет. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/3961>

179. Каламбет, В. (2025). Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 81–86. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.13>

180. Карта ґрунтів України. (2025). <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy>

181. Кириченко, В. В. (Ред.). (2014). *Вирощування насіння гібридів соняшнику* (Методичні рекомендації). Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/viroshhuvannya-nasinnya-gibridiv-sonyashniku-na-dilyankah-gibridizacii.pdf>

182. Кириченко, В. В., Макляк, К. М., Коломацька, В. П., & Кузьмишина, Н. В. (2022). Стратегія селекції соняшнику на підвищення якості олійної продукції. *Вісник аграрної науки*, 100(5), 52–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-07>

183. Кириченко, В., Макляк, К., Леонова, Н., Коломацька, В., & Леонов, О. (2023). Особливості технології вирощування гібридів соняшнику кондитерського типу в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, 101(1), 14-21. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2023_01_02.pdf

184. Клименко, А. І., & Ярошенко, О. Г. (2022). Метеорологічні чинники та їх вплив на якість насіння олійних культур в умовах півдня України. *Агроекологічний журнал*, 1, 47–52.

185. Клименко, І. І. (2015). Вплив протруйників і біопрепарату на посівні якості й урожайність батьківських форм та гібридів соняшнику. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, (2).

186. Клименко, І. І. (2015). Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*, (107), 183–188. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2015.54055>

187. Коваленко, О. А., & Нерода, Р. С. (2022). Застосування

мікродобрих на посівах соняшнику. In *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво* (Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Миколаїв, 19–21 жовтня 2022 р., pp. 99–106). Миколаївський національний аграрний університет.

188. Козак, Л. А., & Розпутній, Л. А. (2024). Інноваційна технологія вирощування соняшнику в центральній частині Правобережного Лісостепу України. У О. А. Шуст, О. М. Варченко, Т. М. Димань, В. С. Хахула, М. В. Лозінський, ... Г. Л. Устинова (Ред.), *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції* (Біла Церква, 28 березня 2024 р., с. 164–166). БНАУ.

189. Козлова, О. П. (2019). *Продуктивність соняшнику при застосуванні біопрепаратів та стимуляторів росту у технології вирощування на півдні України* (Дисертація кандидата сільськогосподарських наук). Херсонський державний аграрний університет. <https://www.ksau.kherson.ua/files/>

190. Коковіхін, С. В., Нестерчук, В. В., & Госенко, Ю. М. (2015). Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення. *Таврійський науковий вісник*, 94, 37–42.

191. Коковіхін, С. В., Нестерчук, В. В., & Рудий, О. Е. (2016). Основні напрями оптимізації елементів технологій вирощування гібридів соняшнику в різних екологічних пунктах Степу України.

192. Колешкова, Т. М., Рябчун, В. К., Леонова, Н. М., Леонов, О. Ю., Кузьмишина, Н. В., Супрун, О. Г., Ільченко, Н. К., & Шелякіна, Т. А. (2016). Формування робочої ознакової колекції сортів соняшнику за вмістом білка та олії в насінні. *Генетичні ресурси рослин*, 19, 102–117. <http://genres.com.ua/assets/files/19/11.pdf>

193. Кондрат, О. Б. (2025). Динаміка основних показників аграрного сектору України (2020-2024). У М. Л. Komarytskyu (Ed.), *Science in the modern world: innovations and challenges* (15-17 травня 2025, Торонто, Канада, с. 771). Perfect Publishing.

194. Коржик, В. П. (2021). Новоселицька улоговина. *Енциклопедія сучасної України*. <https://esu.com.ua/article-72514>
195. Коркодола, М. М., & Макляк, К. М. (2023). Мінливість вмісту олії та білка в насінні кондитерського соняшнику залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 34, 72–83. https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2023/34/Korkodola_34.pdf
196. Костина, Т., & Дем'янюк, О. (2025). Продуктивність гібридів соняшнику з використанням технології гербіцидного захисту Clearfield® Plus у різних ґрунтово-кліматичних умовах. *Вісник аграрної науки*, 103(9), 52–60. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202509-06>
197. Кохан, А. В., Ленъ, О. І., & Цилюрик, О. І. (2016). Наслідки насичення сівозмін соняшником. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 1(23), 131-136.
198. Краснова, В. О. (2020). *Виробниче випробування гібридів соняшнику селекції компанії Сингента в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Сингента», Дніпровського району Дніпропетровської області*. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/4286>
199. Кривошеєва, Т. І. (2020). Вплив системи управління на технологічні процеси дослідження якості насіння соняшника. *Студентський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*, 1(14), 102–107. Миколаївський національний аграрний університет. https://www.mnau.edu.ua/files/nauk_rob/studentresearchjournal166.pdf
200. Кривулько, М. (2025). Удосконалення елементів технології вирощування соняшнику в умовах лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*, 28, 219–226. DOI:10.37128/2707-5826-2025-3-19.
201. Кудиненко, Є. (2017). Мирон Пундор: Нестача бджіл на запиленні соняшника коштує аграріям 15 млрд на рік. 2017. <https://kurkul.com/interview/188-miron-pundor-nestacha-bdjil-na-zapilenni->

sonyashnika-koshtuye-agrariyam-15-mlrd-na-rik

202. Кудріна, В. С. (2021). *Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України* [Дисертація кандидата сільськогосподарських наук, Миколаївський національний аграрний університет].
<https://uacademic.info/ua/document/0421U101493>

203. Кулинич, І. М., & Соловійова, Т. М. (2021). Вплив бджолозапилення на насіннєву продуктивність соняшнику. *Бджільництво України*, 1(6), 44–48. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.07>

204. Кулинич, Р. О., & Ярошук, В. О. (2023). Медіана: її суть та роль. У О. В. Литовченко, Т. В. Шеїн (Ред.), *Сучасна освіта в Україні: актуальні виклики та можливості*. (с. 197–198). Ніжин: ВСП «Ніжинський фаховий коледж НУБіП України». https://natc.org.ua/docs/Conferencia/2023/Conferencia_mat_23112023.pdf

205. Лебеденко, Є. О. (2019). *Селекція вихідного матеріалу для створення гібридів соняшнику, стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовин* (Дисертація кандидата сільськогосподарських наук). Херсонський державний аграрний університет. URL: https://yuriev.com.ua/assets/files/aspirantura-doctorantura/specrada/dis_lebedenko.pdf

206. Леонова, Н. М., Кириченко, В. В., Леонов, О. Ю., Ільченко, Н. К., & Шелякіна, Т. А. (2016). Мінливість ознак вмісту білка і олії у гібридів F1 соняшнику та закономірності їх успадкування. *Селекція і насінництво*, 109, 93–100.

207. Лісогурська, Д. В., & Лісогурська, О. В. (2021). Перспектива впровадження інноваційної технології керованого запилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. In *Інновації у вищій аграрній освіті та сталий розвиток сільського господарства Польщі та України* (Електронний збірник наукових есе учасників наукового стажування, Kraków, Poland, October 12, 2020–March 30, 2021, с. 123–127). Польсько-українська фундація «Інститут міжнародної академічної та наукової співпраці».

208. Лісогурська, Д. В., Лісогурська, О. В., Фурман, С. В., & Адамчук, Л. О. (2021). Забезпеченість бджолозапилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*, 4(47), 92–98.
209. Лісогурська, Д., Адамчук, Л., Фурман, С., Лісогурська, О., & Тимошук, Т. (2025a). Кероване бджолозапилення – важлива передумова розвитку зеленого сільського господарства в Україні. *Аграрний вісник Причорномор'я*, (115), 64-73. DOI 10.37000/abbsl.2025.115.06
210. Лісогурська, Д. В., Бріндза, Я., Адамчук, Л. О., Фурман, С. В., & Лісогурська, О. В. (2025b). Динаміка кормової бази бджільництва в умовах трансформації землекористування у період кліматичних змін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*, (4), 8–15. <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2025.4.2>
211. М'ялковський, Р. О., & Любицька, Д. М. (2025). Закономірності формування продуктивності ранньостиглих гібридів соняшнику в умовах Лісостепу Західного. *Новітні агротехнології*, 13(1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.322415>
212. Мельник, А. В. (2020). *Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України*. Університетська книга.
213. Мельник, А. В., Макарчук, А. В., & Акуаку, Д. (2018). Врожайність та якість насіння сучасних гібридів високоолеїнового соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*, 104, 79–85.
214. Михайлов, Є. В., Кюрчев, С. В., Колодій, О. С., Задосна, Н. О., Верхованцева, В. О., Чернишова, Л. М., & Паляничка, Н. О. (2019). *Технічні засоби післязбиральної обробки соняшника*. Forward press.
215. Михайлов, Є., Голебівські, Я., Іванишин, В., Кюрчев, С., Гуцол, Т., Колодій, О., Нурик, Т., Гловацкі, Ш., Задосна, Н., Верхованцева, В., Паляничка, Н., & Кучер, О. (2020). Виробництво олійної сировини соняшнику в Україні. In К. Mudryk, М. Melnyk, О. Koberniuk, & S. Zabolotnyy (Eds.),

Економічна і технічна ефективність обробки насіння соняшнику (с. 11–20). Warszawa. <https://doi.org/10.22630/SGGW.WE.9788375839340>

216. Міністерство аграрної політики та продовольства України. (2025). *Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні* (станом на 15 липня 2025 року). <https://sops.gov.ua>

217. Міхеєв, В. Г., & Молоков, А. В. (2019). Продуктивність соняшнику залежно від строків сівби. *Вісник Харківського національного аграрного університету, 1*, 57–65. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/14950>

218. Мороз, К. (2022). Економічна та екологічна ефективність використання бджолозапилення у рослинництві. *Збірник студентських наукових праць. Сільськогосподарські науки, 3(7)*, 77–82.

219. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг. (2015, 24 вересня). *Розпорядження № 2285 «Про деякі питання здійснення страхування майбутнього врожаю соняшнику з державною підтримкою від сільськогосподарських ризиків на весь період вирощування»*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1242-15>

220. Нестерчук, В. В. (2015). Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення при вирощуванні в умовах півдня України. *Зрошуване землеробство, (64)*, 125–127. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zz_2015_64_37

221. Нестерчук, В. В. (2017). *Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та мікродобрив в умовах півдня України* [Дис. канд. с.-г. наук, Херсонський державний аграрний університет]. Інституційний репозитарій Херсонського державного аграрного університету. https://www.ksau.kherson.ua/files/avtoreferaty_dysertaciyi

222. Новицька, С., Янковська, Л., & Вітенко, І. (2021). Природні рекреаційні ресурси Чортківського району Тернопільської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія, 51(2)*, 139–145. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.21.2.16>

223. Олійник, Т. Г. (2019). Економічна ефективність виробництва соняшнику та шляхи її підвищення в аграрних підприємствах Баштанського району. *Агросвіт*, (6), 10–15. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2019.6.10>
224. Особливості захисту соняшнику при різних технологіях вирощування. (2025). <https://agrosfera.ua/ua/articles/zakhystu-sonyashnyka>
225. Паламарчук, В. Д., & Підлубний, В. Ф. (2021). Вплив системи основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*, 4(23), 25–35. DOI:10.37128/2707-5826-2021-4-3
226. Паламарчук, В. Д., & Підлубний, В. Ф. (2021). Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*, 3(22), 29–44. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-3>
227. Панфілова, А. В., & Кураченко, Р. В. (2025). Перспективи вирощування соняшнику та виробництва соняшникової олії. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри: матеріали Міжнародного форуму (м. Миколаїв, 28–30 травня 2025 р.)* (с. 147–148). Миколаївський національний аграрний університет. <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-47>
228. Пелех, Л. В., & Онуфрійчук, О. М. (2024). Основні технологічні заходи при вирощуванні соняшнику. *Аграрні інновації*, 25, 43–49. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.7>.
229. Пелех, Л. В., & Онуфрійчук, О. М. (2025). Особливості густоти стояння рослин соняшнику. *Аграрні інновації*, 29, 107–112. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.18>
230. Писаренко, В. М., Писаренко, П. В., Писаренко, В. В., Горб, О. О., & Чайка, Т. О. (2019). Формування родючості ґрунту в умовах органічного землеробства. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 85–91. doi: 10.31210/visnyk2019.03.11
231. Пінковський, Г. В. (2019). Ріст, розвиток та продуктивність рослин соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння. *Таврійський науковий*

вісник, (108), 78–85.

232. Пінковський, Г. В., & Мащенко, Ю. В. (2019). Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*, (107), 145–150. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19>

233. Пінковський, Г. В., & Мащенко, Ю. В. (2019). Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*, 107, 145–150. <http://hdl.handle.net/123456789/1342>

234. Пінковський, Г. В., & Танчик, С. П. (2020). Продуктивність та економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у Правобережному Степу України. *Агробіологія*, 2, 115–123. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7762>

235. Плахотнюк, І. П. (2021). Застосування мікродобрив у вирощуванні соняшнику: олійність та економіка. *Зернові культури*, 5(2), 23–29. <http://journal-grain-crops.com/arhiv/issue/grain-crops-2021-vol-5-2>

236. Покопцева, Л. А., Єременко, О. А., Єременко, О. А. (2017). Побудування ранжируваного ряду для різних гібридів соняшнику, вирощених в умовах Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 4(96), 98–107.

237. Полторецький, С. П., & Полторецька, Н. М. (2019). *Рослинництво: методичні вказівки*. Уманський НУС.

238. Польшина, С. М. (2014). Профільно-диференційовані оглеєні ґрунти Передкарпаття: генеза, варіабельність, систематика: монографія. Чернівці: Чернівецький національний університет.

239. Поляков, О. І., Нікітенко, О. В., & Сорока, А. І. (2022). Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 32, 99–111. DOI: 10.36710/ІОС-2022-32-10

240. Поташова, Л. М., & Каленський, А. П. (2024). Вплив фунгіцидів і регуляторів росту на врожайність та якість насіння соняшнику. У А. В.

Дробітько, М. О. Самойленко, Н. В. Нікончук & В. Г. Федорчук (Ред.), *Матеріалах Всеукр. науково-практичної конференції (21–22 березня 2024)* (пр. 63–67). Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет.

241. Поташова, Л. М., & Каленський, А. П. (2024). Вплив фунгіцидів і регуляторів росту на врожайність та якість насіння соняшнику. У А. В. Дробітько, М. О. Самойленко, Н. В. Нікончук & В. Г. Федорчук (Ред.), *Матеріалах Всеукр. науково-практичної конференції (21–22 березня 2024)* (пр. 63–67). Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет.

242. Ревтьо, О. Я., & Домарацький, Є. О. (2021). Оптимізація продукційного процесу агроценозів соняшнику за посушливих умов Південного Степу України. *Аграрні інновації*, 5, 68–74. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.11>

243. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Чернівецькій області (2025). URL : <https://bukoda.gov.ua/structure/upravlinnya-ekologiyi-ta-prirodnih-resursiv/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-seredovishcha-v-cherniveckij-oblasti>

244. Рейтинг виробників насіння соняшнику, ріпаку і цукрових буряків в Україні (2021). <https://superagronom.com/articles/575-reyting-virobnikiv-nasinnya-sonyashniku-ripaku-i-tsukrovih-buryakiv-v-ukrayini>

245. Риженко, А. С. (2021). *Продуктивність гібридів соняшнику залежно від норми висіву в умовах Лівобережного Лісостепу України* [Дисертація доктора філософії 201 «Аграрні науки та продовольство» (Агрономія), Національний університет біоресурсів і природокористування України]. <https://uacademic.info/ua/document/0821U101851>

246. Риженко, А. С., Каленська, С. М., Присяжнюк, О. І., & Мокрієнко, В. А. (2020). Пластичність урожайності гібридів соняшнику. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(4), 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058>

247. Рідуш, Б. Т., Дутчак, М. В., & Холявчук, Д. І. (2016). Природно-антропогенні об'єкти Північно-Бессарабського Придністер'я:

путівник наукової екскурсії конференції «Від географії до географічного українознавства: еволюція освітньо-наукових ідей та пошуків (до 140-річчя започаткування географії у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича)» (Б. Т. Рідуш, ред.). Технодрук.

248. Рожков, А. О., & Калинов, О. О. (2024). Вплив обробки насіння і листових підживлень на формування генеративних органів рослин соняшнику. У *Innovative development of science, technology and education: матеріали 5-ї міжнародної науково-практичної конференції* (15–17 лютого 2024, с. 22–29). Perfect Publishing.

249. Розміри фермерських господарств в Україні зростають. (2025). *AgroPortal.ua*. <https://agroportal.ua/news/ukraina/rozmiri-fermerskih-gospodarstv-v-ukrajini-zrostayut>

250. Руденко, В. М. (2012). *Математична статистика: Навчальний посібник* (304 с.). Центр учбової літератури.

251. Руденко, Л. Г. (Ред.). (2007). *Національний атлас України*. ДНВП «Картографія».

252. Сало, Л., & Гайченя, І. (2023). Реакція гібридів соняшнику на припосівне удобрення. У М. І. Черновол (Ред.), *Матеріалах XIV Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 316–317). Кропивницький Центральноукраїнський національний технічний університет.

253. Сало, Л., & Данілова, А. (2022). Урожайність соняшнику залежно від бджолозапилення. У *Сучасні технології агропромислового виробництва* (рр. 130–133). Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет.

254. Седнецький, В. М. (2018). Вплив гумінових препаратів на врожайність та якісні показники соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*, (294), 32–41. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2018_294_6.

255. Сендецький, В. (2016). Вплив регуляторів росту на врожайність соняшнику за вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*, 269, 53–61.

256. Сендецький, В. М. (2021). *Наукові основи формування продуктивності агроценозів із застосуванням гумінових препаратів і новітніх органічних добрив в умовах Лісостепу Західного* (дисертація доктора філософії). Подільський державний аграрно-технічний університет, Кам'янець-Подільський. <https://uacademic.info/ua/document/0521U102109>

257. Сидякіна, О. В., & Подрезов, І. О. (2024). Соняшник: сучасні виклики та можливості виробництва. У *Наукові основи реалізації принципів кліматично орієнтованого сільського господарства в агросфері України: збірник матеріалів Міжн. науково-практичної конференції молодих з нагоди Дня науки в Україні* (с. 97–98). Олді+. <http://hdl.handle.net/123456789/9546>

258. Сисоліна, І., & Пономаренко, О. (2023). Підвищення ефективності вирощування соняшника. У *Матеріалах XIV Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 197–198). Кропивницький Центрально-український національний технічний університет.

259. Скидан, В., & Скидан, М. (2014). Реакція гібридів соняшнику на строки сівби. *Агрономія сьогодні*. <http://agrobusiness.com.ua/ahramni-kultury/item/434-reaktsiia-hibrydiv-soniashnyku-na-stroky-sivby.html>

260. Скидан, В., & Скидан, М. (2017). За накопичення олії у соняшнику відповідає листя. *Агрономія сьогодні*. <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8897-za-nakopychennia-olii-u-soniashnyku-vidpovidaie-lystia.html>

261. Слобода-Комарівці – село в Україні. Wikipedia. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Слобода-Комарівці>

262. Смага, І., Мирончук, К., Цвик, Т., & Ключович, Г. (2023). Оцінка продуктивного потенціалу та ефективності використання орних земель Чернівецької області. *Молодий вчений*, (7(119)), 79–84. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-7-119-15>

263. Соняшник залишається найбільш прибутковою культурою для фермерів у 2025 році. (2025, 14 листопада). *Пропозиція*. <https://propozitsiya.com/news/sonyashnyk-zalyshayetsya-naybilsh-prybutkovoyu->

kulturoyu-dlya-fermeriv-u-2025-rotsi

264. Соняшник став найприбутковішою культурою для українських аграріїв у 2025 році (2025, 17 листопада). *Agroreview, Рослинництво*. <https://agroreview.com/content/roslyny/sonyashnyk-stav-najprybutkovishoyu-kulturoyu-dlya/>

265. Степасюк, Л. (2022). Інноваційні технології при виробництві насіння соняшнику. У В. С. Лукач, І. О. Демчук, Г. М. Македон, І. В. Дворник, ... & А. І. Михайленко (Ред.), *Глобальні та національні тенденції у галузі наук про життя: зб. Наук. праць* (с. 33–34). НДУ Гоголя. ISBN 978-617-527-258-9

266. Тимочко, Л. І., Череватов, О. В., & Череватов, В. Ф. (2023). Породний склад сімей медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) на пасіках Північної Буковини. *Біологічні системи*, 15(1), 70–78. <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.01.070>

267. Тимчишин, О., & Рудавська, Н. (2022). Соняшник: сучасний стан виробництва та вимоги до умов вирощування. *Агронаука і практика*, 1(2), 14–18. <https://doi.org/10.32636/agroscience.2022-1-2-2>

268. Ткаліч, І. Д., Гирка, А. Д., Бочевар, О. В., & Ткаліч, Ю. І. (2018). Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах степу України. *Зернові культури*, 2 (1), 44–52.

269. Ткаченко, І. І., Швиденко, М. В., & Будьоний, В. Ю. (2024). Урожайність сучасних гібридів соняшника в умовах нестабільного зволоження. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*, 1, 23–33. ISSN 2413-7642

270. Ткачук, О. П., & Бондарук, Н. В. (2023). Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*, 18, 120–127. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17>.

271. Топ 10 країн-виробників соняшника. (2025). Latifunddist.com.<https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashniku-2021-22-mr>

272. ТОП-10 країн виробників соняшнику у 2021/22 МР (2022). <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashniku-2021-22-mr>

273. Торгово-промислова палата України. (2025, 27 листопада). Середній розмір фермерського господарства в Україні збільшився з 479 га у 2010 році до 649 га у 2024 році. Офіційний сайт ТПП України. <https://uccr.org.ua/press-center/uccr-news/serednii-rozmir-fermerskogo-gospodarstva-v-ukrayini-zbilshivsia-z-479-ga-u-2010-rotsi-do-649-ga-u-2024-rotsi>
274. Тоцький, В. М. (2014). Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, (20), 204–209.
275. Тоцький, В. М., Гангур, В. В., & Поляков, І. А. (2024). Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progress & Innovations*, 27(3), 5–11. doi: 10.31210/spi2024.27.03.01
276. Україна забезпечує 36 % світового експорту соняшникової олії, – прем'єр-міністерка Юлія Свириденко. (2025). *Цензор.НЕТ*. <https://censor.net/biz/news/3585848/tsogorich-ukrayina-zabezpechuye-46-svitovogo-eksportu-sonyashnykovoyi-oliyi>
277. Файфура, В. (2024). Біоекономічні основи просторового розвитку тернопільського регіону. *Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України*, 1(29), 38–47. <https://doi.org/10.35774/>.
278. Файфура, В. (2024). Біоекономічні основи просторового розвитку Тернопільського регіону. *Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України*, (29), 38–47. <https://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/55144>
279. Файфура, Д. (2021, 25 травня). Агрокліматичні фактори вирощування квасолі звичайної в умовах Західного Лісостепу України. *Вектори інноваційного розвитку освіти, науки і бізнесу в умовах глобальних змін: матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 106–107). Тернопіль: ФОП Осадца Ю. В. <https://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/42898>
280. Федорук, Ю., Покотило, І., & Даценко, І. (2025). Кліматичні ризики та адаптація виробництва насіння соняшнику в Україні. *Економічний*

аналіз, 2(35), 598–606. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.598>

281. Федоряк, М. М., Жук, А. В., Зароченцева, О. Д., Филипчук, Т. В., Ситнікова, І. О., Легета, У. В., Москалик, Г. Г., Герасимюк, П. В., Сосновський, К. С., & Шпак, Я. В. (2023). Алгоритм дослідження продуктивності гібридів соняшника за умов комахозапилення. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 15(1), 52–63. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.01.052>

282. Федоряк, М. М., Шкробанець, О. О., Тимочко, Л. І., Жук, А. В., Филипчук, Т. В., Легета, У. В., Делі, О. Ф., Герасимюк, П. В., Зароченцева, О. Д., Москалик, Г. Г., & Джос, В. В. (2024). Результати моніторингу втрат бджолиних колоній в Україні після зимівлі першого року війни (2021-2022). *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 16(3), 300–312. <https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.300>

283. Холявчук, Д. І. (2019). *Регіональна кліматологія: навчальний посібник*. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.

284. Хоростків – місто в Україні. (2025). <https://uk.wikipedia.org/wiki/Хоростків>

285. Ціна на соняшник. Ціни зернотрейдерів на соняшник сьогодні. (2025, 14 листопада). <https://tripoli.land/ua/podsolnechnik>

286. Чемерис, В. А., & Максим, В. Л. (2023). Стан, основні тенденції та пріоритетні напрями розвитку аграрного сектору економіки України в умовах воєнного часу. In *Оцінка стану галузевого розвитку аграрної економіки в сучасних умовах* (Розд. 3, с. 205–261). ННБК «АТБ». <https://doi.org/10.32782/978-966-2384-21-5-5-5>

287. Череватов, О. В., Паламар, О. В., Караван, В. В., & Язловицька, Л. С. (2025). Оцінка фізіологічного стану колоній медоносних бджіл, що зимували у вуликах з різними теплофізичними властивостями. *Біологічні системи*, 17(1), 70–78. <https://doi.org/10.31861/biosystems2025.01.068>

288. Черних, С. А., Лемішко, С. М., Пришедько, Н. О., & Касьянов, Є. О. (2025). Особливості формування якісних показників насіння соняшнику за

дії фіторегуляторів і мікродобрих в гідротермічних умовах північного степу України. *Аграрні інновації*, 29, 194–199.

289. Чехов, С. А., & Чехова, І. В. (2018). Оцінка ефективності виробництва соняшнику в Україні. *Економічний простір*, 1(136), 119–130. <https://doi.org/10.30838/P.ES.2224.290818.127.215>

290. Чехова, І. (2021). *Рентабельність олійних культур у 2021 році*. Пропозиція <https://propozitsiya.com/articles/analitika/rentabelnist-oliynykh-kultur-u-2021-rotsi>

291. Чубарик, М., Слівінський, І., & Стопчак, В. (2024). Соняшник, кукурудза, соя – основа експортного потенціалу продукції сільського господарства. У В. Іванишин, О. Бялковська, І. Ясінецька, В. Лапчинський, О. Мулярчук, С. Вдовенко, ... & В. Войцехівський (Ред.), *Інноваційні технології в садівництві, овочівництві і виноградарстві (м. Кам'янець-Подільськ, 22 березня 2024 року)* (с. 199–202). Кам'янець-Подільський: ЗВО «Подільський державний університет».

292. Шамро, М. О., Кошова, Л. М., Кулинич, І. М. (2017). Продуктивні якості гібрида соняшника Атланта при вирощуванні його на фоні пожнивних залишків фацелії пижмолистої. *Бджільництво України*, 1(2), 171–177. https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/102

293. Шевченко, А. А., Петренко, О. П., & Гелас, В. М. (2024). Стратегічний розвиток вирощування соняшнику в Україні: виклики та перспективи. *Economic Bulletin of the Black Sea Littoral*, 5, 133–145.

294. Шокало, Н. С., & Свистун, І. П. (2023). Формування урожайності соняшнику залежно від норми висіву. *Таврійський науковий вісник*, 134, 202–207. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ *Наукові праці у виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus:*

1. **Herasymiuk, P.**, Zarochentseva, O., Zhuk, A., Moskalyk, H., Leheta, U., Fylypchuk, T., Sytnikova, I., & Fedoriak, M. (2025). The impact of insect pollination on seed and yield characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) linoleic hybrids in the Carpathian foothill zone of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(4), 131–140. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees15.417>

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, підготовка та опрацювання частини зібраних матеріалів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, участь у написанні тексту статті українською. Інші співавтори: Zarochentseva O. – участь у плануванні схеми експерименту, статистичний аналіз результатів дослідження, переклад статті на англійську мову. Zhuk A. – планування схеми експерименту. Moskalyk H. – збір літературних даних, участь у написанні тексту статті. Leheta U., Fylypchuk T. – участь у визначенні морфометричних показників. Sytnikova I. – збір літературних даних, участь у візуалізації графічних матеріалів. Fedoriak M. – формування концепції дослідження, загальна наукова інтерпретація результатів, фінальне редагування тексту статті англійською).

Наукові праці у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

2. Зароченцева, О. Д., Жук, А. В., Федоряк, М. М., Черлінка Л. В., Твердохліб М. В., Герасимюк П. В., & Черлінка В. Р. (2022). Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L.

Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи), 14(1), 62–71. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, написання частини тексту статті. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – загальне керівництво дослідженням, координація польових робіт, участь у розробці схеми дослідження, редагування рукопису. Жук А.В. – розробка методики польових досліджень та схеми досліду. Федоряк М.М. – формулювання наукової проблеми, участь у розробці методики досліджень, контроль достовірності даних. Черлінка Л.В. – проведення лабораторного аналізу олійності, участь у статистичній обробці даних, написання частини тексту статті, Твердохліб М.В. – участь у зборі первинних матеріалів у полі. Черлінка В.Р. – участь у статистичній обробці даних, оформлення графічних матеріалів і участь в літературному аналізі).

3. Зароченцева, О. Д., Черлінка, Л. В., Жук, А. В., Черлінка, В. Р., Герасимюк, П. В., & Федоряк, М. М. (2022). Вплив комахозапилення на насіннєві характеристики та врожайність гібридів соняшника. *Бджільництво України, 1(9), 46–57. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>*

(Особистий внесок здобувача: участь в закладці дослідів, підготовка та опрацювання частини зібраних матеріалів, занесення результатів в електронні таблиці для подальшого опрацювання, написання розділу «Матеріали і методи». Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – загальне керівництво дослідженням, координація польових робіт, участь у розробці схеми дослідження, редагування рукопису. Черлінка Л.В. – участь в закладці дослідів, підготовка насіння та визначення морфо-метричних показників частини зібраних матеріалів, участь в статистичному аналізі даних. Жук А.В. – участь у розробці схеми дослідження, участь у написанні тексту статті. Черлінка В.Р. – участь у статистичній обробці даних, оформлення графічних матеріалів, участь в написанні тексту статті. Федоряк М.М. – формулювання наукової проблеми, загальна наукова консультація, перевірка

інтерпретації).

4. Федоряк, М. М., Жук, А. В., Зароченцева, О. Д., Филипчук, Т. В., Ситнікова, І. О., Легета, У. В., Москалик, Г. Г., **Герасимюк, П. В.**, Сосновський, К. С., & Шпак, Я. В. (2023). Алгоритм дослідження продуктивності гібридів соняшника за умов комахозапилення. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 15(1), 52–63. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2023.01.052>

(Особистий внесок здобувача: польове тестування алгоритму на ділянках, аналіз параметрів продуктивності, збір літературних даних. Інші співавтори: Федоряк М.М. – постановка наукової задачі, загальне керівництво. Жук А.В. – розробка методологічної схеми алгоритму. Зароченцева О.Д. – статистичні параметри та критерії порівнянь. Филипчук Т.В. – адаптація методики до умов польових досліджень та досліджуваної культури. Ситнікова І.О. – участь у формуванні структури і логічних модулів алгоритму. Легета У.В. – формування практичних рекомендацій. Москалик Г.Г. – оформлення структурної схеми алгоритму. Сосновський К.С. – збір довідкових та літературних даних, Шпак Я.В. – узагальнення інформації, перевірка розрахунків, написання тексту статті).

5. Федоряк, М. М., Шкробанець, О. О., Тимочко, Л. І., Жук, А. В., Филипчук, Т. В., Легета, У. В., Делі, О. Ф., **Герасимюк, П. В.**, Зароченцева, О. Д., Москалик, Г. Г., & Джос, В. В. (2024). Результати моніторингу втрат бджолиних колоній в Україні після зимівлі першого року війни (2021-2022). *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 16(3). 300–312. <https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.300>

(Особистий внесок здобувача: участь у залученні стейкхолдерів, опитування респондентів Хмельницької та Вінницької областей, обробка зібраних даних та внесення результатів їх опитування в базу даних. Інші співавтори: Федоряк М.М. – формування концепції дослідження, загальне керівництво, фінальне редагування статті. Шкробанець О.О. – завантаження анкет в базу Lime, статобробка первинних даних, оформлення

графічних матеріалів, участь написанні тексту статті. Тимочко Л.І. – аналіз факторів ризику та узагальнення трендів. Жук А.В – виявлення просторово-часових закономірностей, редагування та верифікація висновків. Филипчук Т.В. – організація комунікації з пасічниками, збір анкетних даних. Легета У.В. – участь в опитуванні респондентів Чернівецької області. Делі О.Ф. – збір даних респондентів Одеської області. Зароченцева О.Д. – збір літературних даних. Москалик Г.Г. – збір літературних даних, участь у написанні статті, Джос В.В. – опитування респондентів Івано-Франківської області).

6. Герасимюк, П. В., & Федоряк, М. М. (2025). Зміни показників продуктивності та біологічної урожайності гібридів *Helianthus annuus* L. за різних умов запилення. *Екологічні науки*, 5(62). 76–83. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.13>

(Особистий внесок здобувача: виконання експериментальної частини, статистична обробка первинних даних,, участь у написанні тексту статті. Інші співавтори: Федоряк М.М. – формування концепції дослідження, участь у написанні тексту статті, написання висновків).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Зароченцева, О. Д., & Герасимюк, П. В. (2024). Облік комах-запилювачів на посівах соняшника. У В. П. Коцур, Л. М. Воловик, А. В. Гузун, Н. М. Євтушенко, С. М. Кикоть, В. М. Носаченко, О. В. Руденко, А. А. Садиков, О. Б. Склярєнко, Ш. С. Халматова, & Н. Ф. Юхименко (Ред.), *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації* (с. 13–16) Університет Григорія Сковороди в Переяславі http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17808/1/Zb_nauk_prats_Pereiaslav_Vyp-91_2024_.pdf

(Особистий внесок здобувача: проведення польових спостережень і обліку комах-запилювачів, систематизація та аналіз отриманих результатів, підготовка тексту тез. Зароченцева О.Д. – формулювання мети дослідження,

визначення методичних підходів до обліку запилювачів).

8. Герасимюк, П. В., Зароченцева, О. Д., & Федоряк, М. М. (2025). Перспективи поширення гібриду соняшнику *Euralis Rosalia* в умовах Чернівецької області. У Я. Коробейникова, О. Кондрат, С. Побігун, С. Король, В. Витвицький, Г. Грицуляк, & Т. Яцишин (Ред.). *Адаптація до глобальних змін та викликів в економіці, туризмі, рекреації та захисті довкілля* (с. 341–343). Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. <https://drive.google.com/file/d/1eEAitPAhuq0T04vSKkzk1nnLrFgq2pZ8/view>

(Особистий внесок здобувача: проведення польових досліджень, аналіз показників продуктивності соняшника, написання тексту тез. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – корекція методичних підходів до оцінки продуктивності гібриду, консультаційний супровід, фінальне редагування тексту тез. Федоряк М.М. – наукове керівництво та підсумкова оцінка інтерпретації результатів).

9. Герасимюк, П., Зароченцева, О., & Лакуста, О. (2025). Вплив комах-запилювачів на урожайність гібридів *Helianthus annuus* L. в умовах передгір'я. У М. М. Федоряк (Ред.), *Соціоекосистеми в умовах війни та інших викликів* (с. 166–172). Видавництво Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. https://ecology.chnu.edu.ua/media/oulhfrcu/zbirnyk_materialiv_sotsioekosystemy_v_umovakh_viiny.pdf

(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні польових досліджень, підготовка основного тексту тез. Інші співавтори: Зароченцева О.Д. – наукове консультування, перевірка коректності інтерпретації результатів, фінальне редагування тексту тез. Лакуста О. – статистична обробка експериментальних даних, участь у написанні тексту тез).

Відомості про апробацію результатів дисертації

1. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (м. Переяслав, 31 січня 2024), форма участі – дистанційна з публікацією тез.

2. IV Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів і молодих вчених «Адаптація до глобальних змін та викликів в економіці, туризмі, рекреації та захисті довкілля» (м. Івано-Франківськ, 8-9 травня 2025), форма участі – дистанційна з публікацією тез.

3. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 150-річчю Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича «Соціоекосистеми в умовах війни та інших викликів» (м. Чернівці, 3-4 вересня 2025), форма участі – очна з публікацією тез.

Акти впровадження результатів досліджень, що підтверджують практичне значення дисертаційної роботи

А К Т

**впровадження результатів науково-дослідної роботи,
виконаної науковцями і студентами кафедри екології та біомоніторингу
Навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича**

У вегетаційний сезон 2021-2022 р. науковцями: к.б.н. Оксаною ЗАРОЧЕНЦЕВОЮ, к.б.н. Тетяною ФИЛИПЧУК, к.б.н. Іриною СИТНИКОВОЮ, к.б.н. Ярославом ШПАКОМ, к.б.н. Аліною ЖУК, аспірантами: Олександром ШКРОБАНЦЕМ, Любов'ю ЧЕРЛІНКОЮ, Павлом ГЕРАСИМЮКОМ та студентами кафедри: Костянтином ВОЛЯНЮКОМ, Оксаною МАЙКАН, Максимом ГУСАРОМ, Даріною КОВАЛЬ, Андрієм ДЕМЧУКОМ, Анастасією КНІГНІЦЬКОЮ під керівництвом д.б.н., проф. Марії ФЕДОРЯК проведено аналіз комах-запилювачів посівів соняшнику та їх вплив на кількісні та якісні характеристики врожаю гібридів. Дослідження проводились на полях агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп» в с. Слобода-Комарівці Чернівецького району Чернівецької області, м. Хоростків Тернопільської області та в м. Чернівці.

Дослідження на 7 гібридах соняшника (ES Rosalia, RGT Wollf, P62LL109, LG 5478, NK Kondi, NK Brio, SY Arisona) в с. Слобода-Комарівці показали, що основним запилювачем є бджола медоносна, на частку інших комах припадає від 1,2% до 4,3% серед усіх запилювачів, для гібриду Арізона цей показник становить 11,3%. Серед інших комах, що відвідували соняшник ідентифіковано джмеля земляного, сліпняка люцернового, навозницю руду, сферофорию прикрашену. Найвищу активність бджоли медоносної виявлено між 12:00 та 14:00 годинами, найнижчу - між 8:00 та 10:00. Одночасно один кошик відвідували від 1 до 5 особин бджіл. За 5-хвилинний інтервал на одному кошику зареєстровано від 1 до 11 особин, в результаті сформовано ряд привабливості гібридів для бджіл: P62LL109 --- RGT Wollf --- SY Arisona --- LG 5478 --- ES Rosalia --- NK Kondi --- NK Brio.

За результатами проведених досліджень у передгірській зоні Чернівецької області с. Слобода-Комарівці показано позитивний вплив комахозапилення на формування насіннєвої продуктивності гібрида RGT Wollf. Так, за умов вільного доступу комах-запилювачів гібрид формував у 2 рази більше насінин з кошика, збільшилася маса насіння з кошику у 2,2 рази, маса 1000 насінин і натура у 1,3 і 1,4 рази відповідно. Біологічна урожайність гібрида за умов комахозапилення більша у 2,2 рази, ніж без комахозапилення і відповідно становила 26 ц/га і 12 ц/га. Встановлено, що за умов нормального запилення зменшувалася частка кошиків з невиповненим насінням. Так, без доступу запилювачів 77 % кошиків гібрида мали невиповнене насіння, тоді як за доступу комах – лише 27 %. Гібрид формував більше виповнених сім'янок (98 %) за умов вільного доступу комах, ніж в умовах ізоляції від запилювачів (61 %). Отже, гібрид RGT Wollf виявився чутливим до запилення.

Вивчення насіннєвої продуктивності гібриду NK Kondi за різних умов запилення та вирощування показав, що фізико-географічні умови м. Хоростків Тернопільської

області з обов'язковим урахуванням бджолозапилення є більш сприятливі для його вирощування і розкриття генетичного потенціалу в порівнянні з умовами с. Слобода-Комарівці Чернівецької області. Так, біологічна урожайність гібриду, отримана в умовах Чернівецької області, виявилася нижчою від норми, заявленою виробником на ~30-50 %, а в умовах Тернопільської області – навпаки – вищою на ~44-72 %. При цьому, відсутність бджолозапилення призводила до зниження показників на 32 % та 16 % відповідно. Встановлено, також, позитивний вплив бджолозапилення на показники натури, загальної кількості та маси насінин кошика для різних умов вирощування, що підтверджує залежність гібриду від бджолозапилення.

Порівняльний аналіз якісних і кількісних показників продуктивності автофертильних гібридів соняшника олійного NK Kondi і ES Rosalia за різних умов запилення в умовах м. Чернівці показав більшу чутливість до вільного комахозапилення гібриду NK Конді. Встановлено істотний вплив вільного запилення комахами на наступні кількісні показники гібриду *H. annuus* NK Конді: частка невиповнених сім'янок за зонами кошикового диску та кількість насінин у кошику. Показано, що комахозапилення достовірно зменшує частку невиповнених сім'янок у зовнішній і проміжній зонах кошикового диску гібриду NK Конді. Виявлено істотне збільшення кількості насінин у кошику *H. annuus* гібриду NK Kondi на ~14 % за умов вільного запилення комахами.

Відділ агрономічної експертизи «Контінентал Фармерз Груп» вважає отримані результати важливими для раціонального підбору гібридів соняшника для різних територій та оптимізації ефективності запилення шляхом залучення «виїзних пасік». Це, в свою чергу, сприятиме налагодженню взаємовигідної співпраці між аграріями та бджолярами.

В.о директора благодійного фонду
«Контінентал Фармерз Груп»



Наталія МЕЛЬНИК

Начальник відділу
агрономічної експертизи
«Контінентал Фармерз Груп»

Олександр ДЕРЕВ'ЯНЧЕНКО



ЗАТВЕРДЖЕНО

Ректор Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича

Руслан БЛОСКУРСЬКИЙ

М.П.

20 01 2026 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи П. В. Герасимюка на тему «Вплив комахозапилення на елементи структури урожаю сільськогосподарських культур (на прикладі *Helianthus annuus* L.)» в навчальний процес кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Комісія у складі директора навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, д.т.н., професора Руслана БЕСПАЛЬКА, доцента кафедри геоматики, землеустрою та агроменеджменту, к.б.н. Василя РОМАНЮКА і завідувача кафедри екології та біомоніторингу, д.б.н., професора Марії ФЕДОРЯК цим актом засвідчує, що результати дисертаційної роботи Герасимюка Павла Васильовича на тему «Вплив комахозапилення на елементи структури урожаю сільськогосподарських культур (на прикладі *Helianthus annuus* L.)» впроваджено в навчальний процес кафедри екології та біомоніторингу ЧНУ імені Юрія Федьковича.

Результати дисертаційного дослідження використовуються під час викладання навчальних дисциплін для студентів спеціальності «Екологія» ОПП «Екологія». Матеріали дисертації впроваджено у лекції, практичні та лабораторні заняття з дисциплін: «Агроскологія», «Екологія рослин» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та «Ecosystem Services», «Відновлення екосистем» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти, у тематику курсових та кваліфікаційних робіт.

Використання результатів дисертаційної роботи сприяє підвищенню якості підготовки фахівців-екологів, глибшому розумінню концепції екосистемних послуг і практичному застосуванню її засад на прикладі оптимізації послуг запилення агрокультур, формуванню системного бачення агроландшафтів як соціо-екологічних систем.

Члени комісії:

Руслан БЕСПАЛЬКО

Василь РОМАНЮК

Марія ФЕДОРЯК

20. 01. 2026 Дата

ДОДАТОК Г

Перелік офіційних сайтів виробників із зазначенням потенціалу урожайності, маси 1000 сім'янок, олійності та інших відомостей про досліджені гібриди:

<https://agroexp.com.ua/uk/podsolnechnik-lg-5478-limagreyn-gibrid-semena-opisanie>,

<https://agroexp.com.ua/uk/podsolnechnik-es-bella-euralis-gibrid-semena-opisanie>,

<https://agro-trade.com.ua/ua/semena-podsolnechnika-lg-50510-lg50510.html>,

<https://aoplatforma.com/shop/seeds/sunflower/mas-81k?srsltid=Afm>,

<https://kurkul.com.ua/soniashnyk-mas-81.k-mas-81->

[klasychnyi/?srsltid=AfmBOor8hiEXD56Xl1_PuVf_tZD8RQgWg_k_bN2wOJdy_p4ufnQOmuo](https://kurkul.com.ua/soniashnyk-mas-81.k-mas-81-klasychnyi/?srsltid=AfmBOor8hiEXD56Xl1_PuVf_tZD8RQgWg_k_bN2wOJdy_p4ufnQOmuo),

<https://www.eridon.ua/si-kupava>,

<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/lg5478-id13904>,

https://kurkul.com.ua/limagrain/2153/?srsltid=AfmBOopsI1C4nM6k1EXmjPQutYVON4iPkyAchN_u5B_jgZYKGTLs5FAo,

<https://agroantal.com.ua/product/si-arizona-29060>,

<https://agroplant.com.ua/si-arizona>,

<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/si-arizona-singenta-id1186>,

https://prom-agro.com.ua/ua/p644038215-podsolnechnik-semena-syngenta.html?srsltid=AfmBOop_rrbelpAZSnNdt2C_z1mkLJ00h9OI7OYF0srzA5Q4--I10zTn,

<https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/si-arizona>,

<https://www.eridon.ua/nk-brio>

<https://agroplant.com.ua/nk-brio>,

<https://agroexp.com.ua/uk/podsolnechnik-p621l109-pioner-gibrid-semena-opisani>,

<https://agroplant.com.ua/ru/rgt-wolff>,

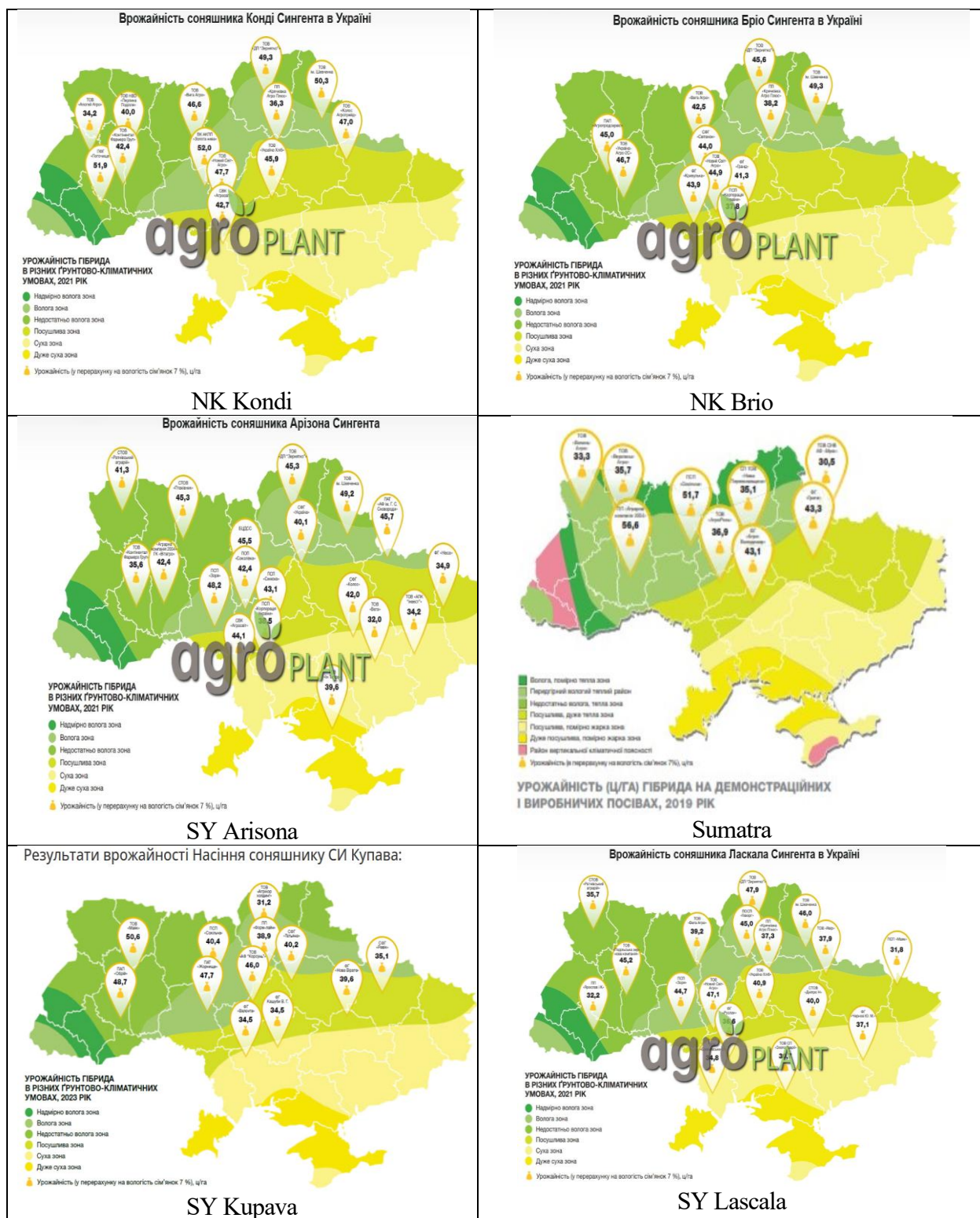
<https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/rjt-vollf>,

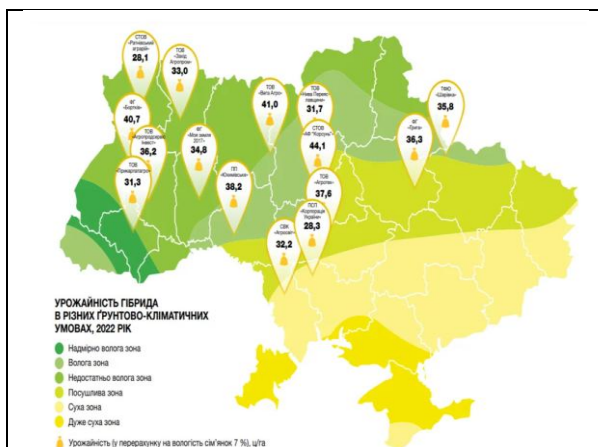
<https://www.syngenta.ua/product/seed/nk-neoma>,

<https://agro-100.com.ua/nasinnya/nasinnya-sonyashnyka/nasinnya-sonyashnyka-neoma-kruyizer>,
<https://agromen.com.ua/uk/nasinnya-sonyashniku-nk-neoma>,
<https://yablukom.ua/ua/semena-podsolnechnika/gibrid-podsolnechnika-sumatra/>,
<https://agromen.com.ua/nasinnya-sonyashniku-sumatra>,
<https://www.eridon.ua/si-eksperto>,
<https://agroantal.com.ua/product/si-ehksperto29045?srsId=AfmBOop0EJGeVXZuHsCIVO2Wvo4NnXf6Z53rS4vySumA74TjavBBq6s8>,
<https://agroantal.com.ua/product/si-kupava-29057>,
<https://www.eridon.ua/si-kupava>,
<https://agroplant.com.ua/si-laskala>,
<https://www.eridon.ua/si-laskala>,
<https://agroplant.com.ua/nk-kondi>,
<https://agroexp.com.ua/uk/podsolnechnik-es-rozaliya-%D0%B5uralis-gibrid-semena-opisanie>,
<https://agroplant.com.ua/rozaliya-podsolnechnik>,
<https://www.agronom.info/ES-ROSALIA>;
<https://agroplant.com.ua/rozaliya-podsolnechnik>,
<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/es-bella-yevralis-id11895>,
<https://belvet.ua/ua/p62le122/>,
<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/p64le25-pioner-id11914>,
<https://agroexp.com.ua/uk/podsolnechnik-p64le25-pioner-gibrid-semena-opisanie>,
<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/lg-5665-m-limagreyn-id11467>,
<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/lg-5635-limagreyn-id11413>,
<https://superagronom.com/nasinnya-oliyni-sonyashnik/mas-82a-mayisadur-id11927>,
<https://agro-trade.com.ua/semena-podsolnechnika-mas-82a.html>,
<https://www.eridon.ua/mas-87a>, <https://www.eridon.ua/rjt-vollf>.

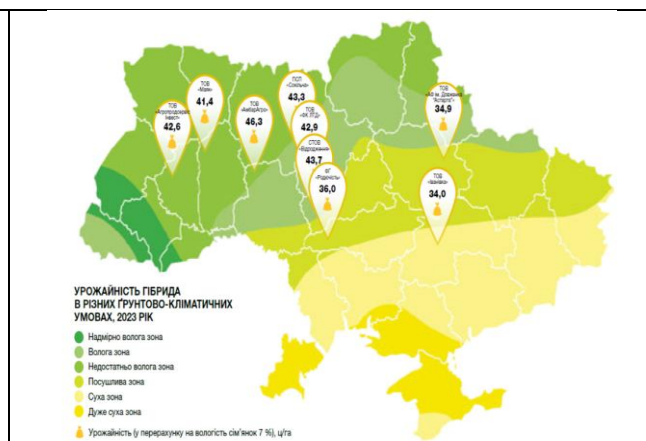
ДОДАТОК Д

Урожайність досліджуваних гібридів соняшнику, отримана на демонстраційних і товарних посівах, вирощених різними підприємствами та агрохолдингами в різних ґрунтово-кліматичних умовах України

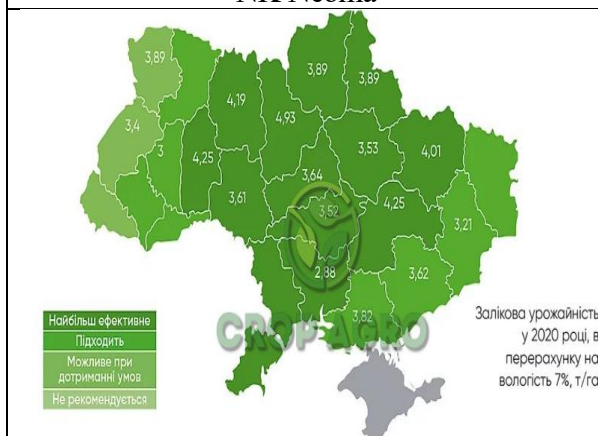




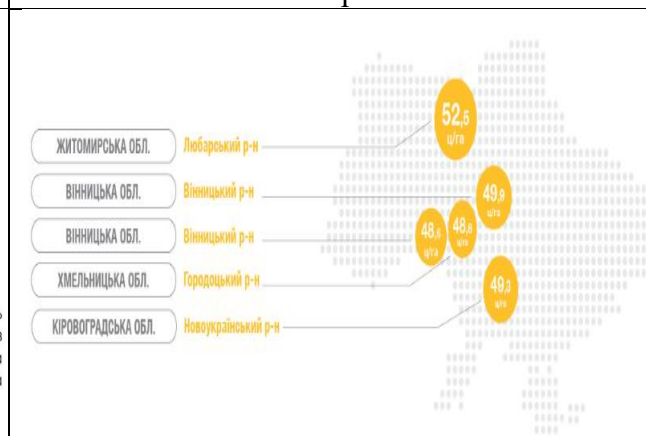
NK Neoma



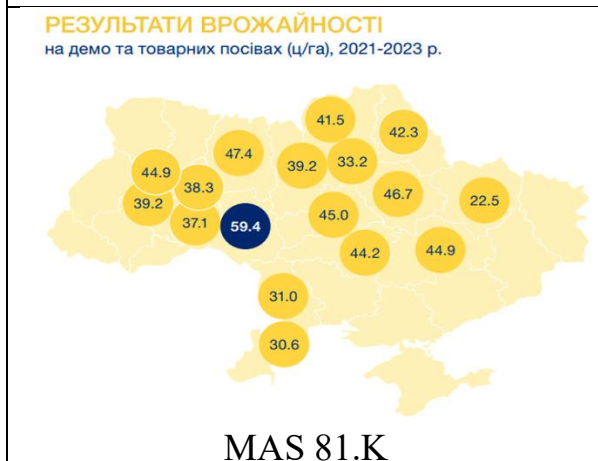
SY Experto



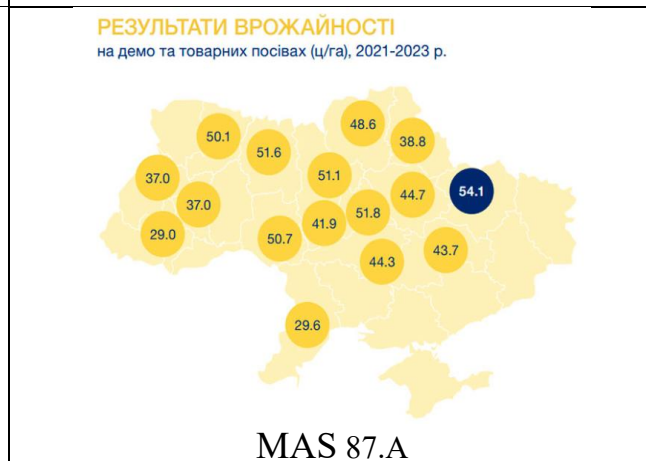
P64LE25



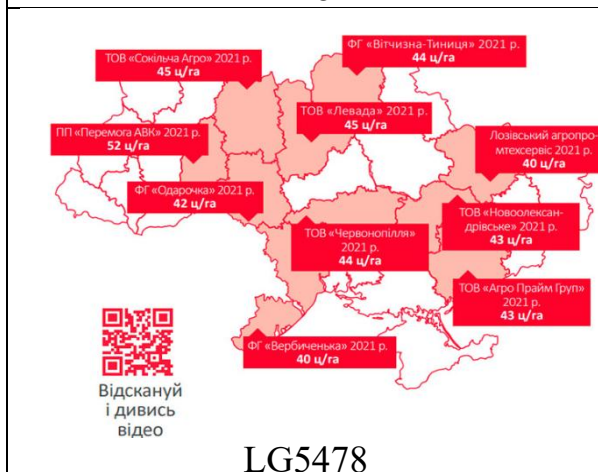
ES Rosalia



MAS 81.K



MAS 87.A



LG5478

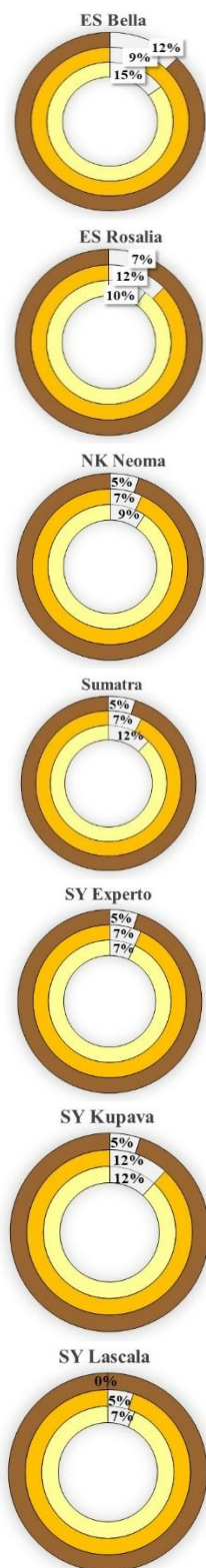


RAGT Wolf

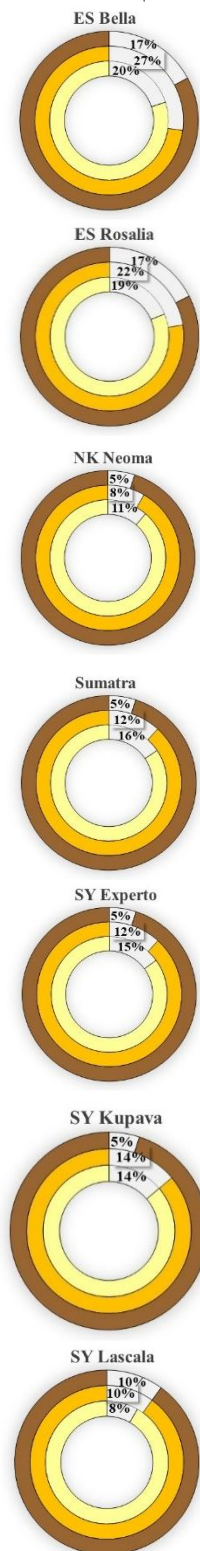
ДОДАТОК Е

Частка невивірених сім'янок у кошиках *H. annuus* (з урахуванням зонування) за різних умов доступу запилювачів у с. Форосна Чернівецької області (2019 р.), %

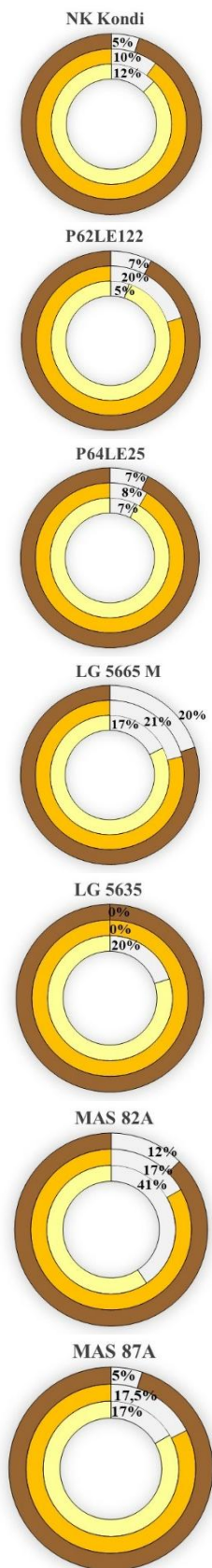
Вільне комахозапилення



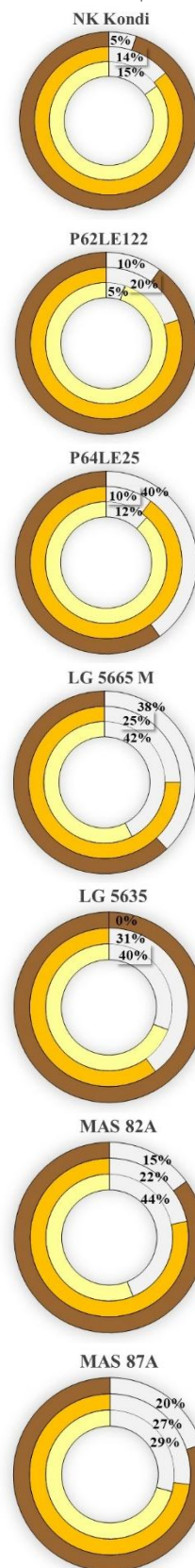
Ізоляція



Вільне комахозапилення



Ізоляція

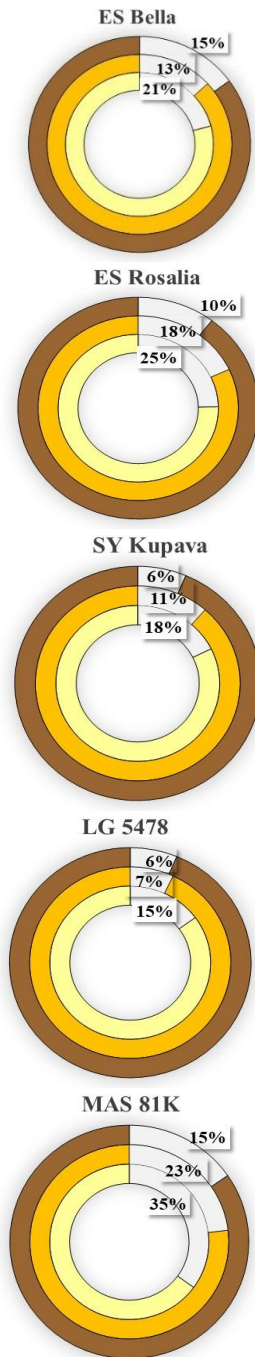


Примітка: білим вказано частку невиповнених сім'янок в кошику (зліва – у рослин з достатньою кількістю комах-запилювачів, справа – у рослин з ізолюваними кошиками); в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

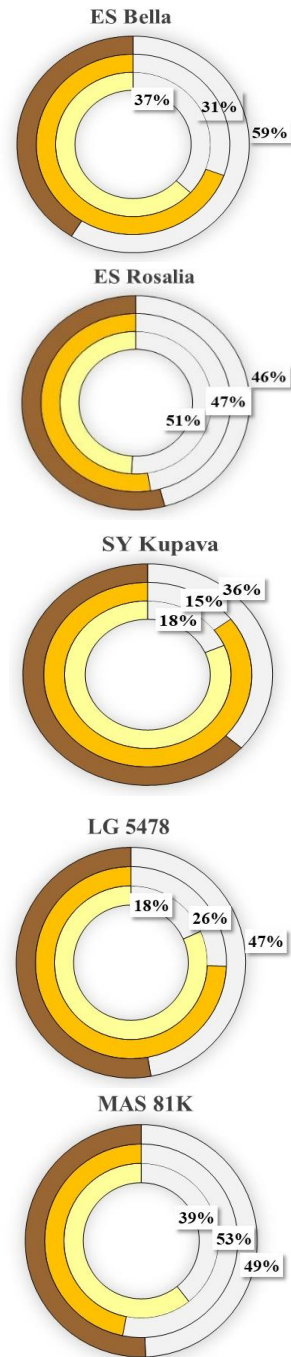
ДОДАТОК Є

Частка невиповнених сім'янок у кошиках *H. annuus* (з урахуванням зонування) за різних умов доступу запилювачів у с. Хоростків Тернопільської області (2020 р.), %

Вільне комахозапилення



Ізоляція



Примітка: білим вказано частку невиповнених сім'янок в кошику (зліва – у рослин з достатньою кількістю комах-запилювачів, справа – у рослин з ізолюваними кошиками); в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.

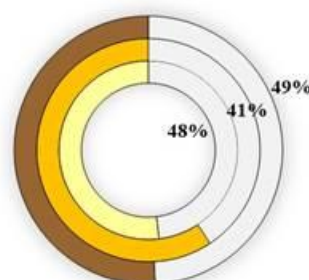
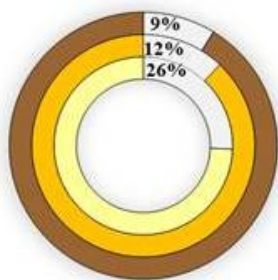
ДОДАТОК Ж

Частка невивірених сім'янок у кошиках *H. annuus* (з урахуванням зонування) за різних умов доступу запилювачів у с. Слобода-Комарівці Чернівецької області (2021 р.), %

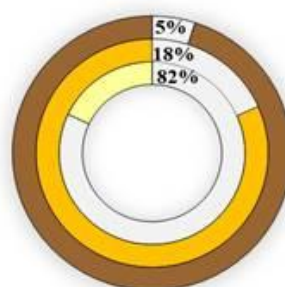
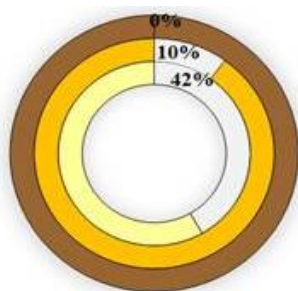
Вільне комахозапилення

Ізоляція

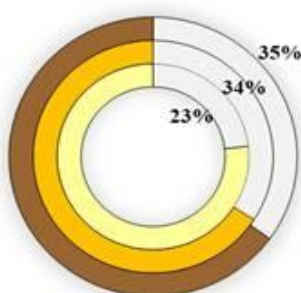
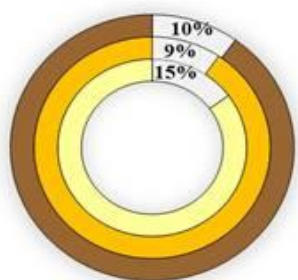
ES Rosalia



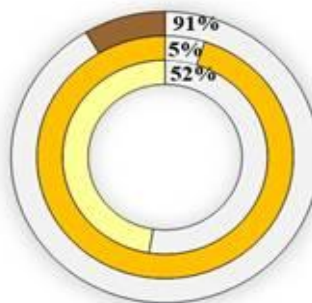
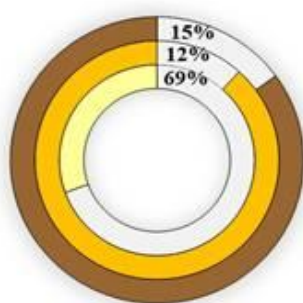
NK Kondi



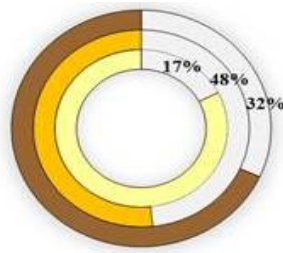
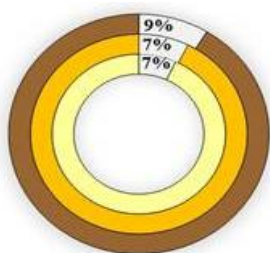
SY Arisona



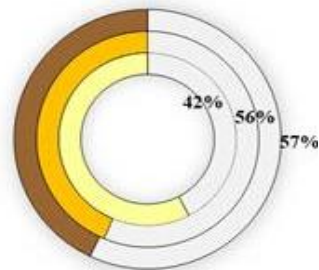
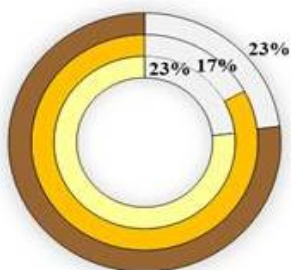
NK Brio



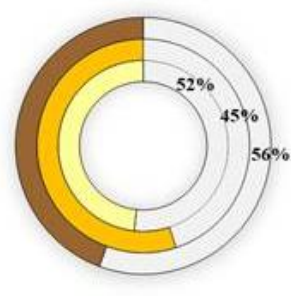
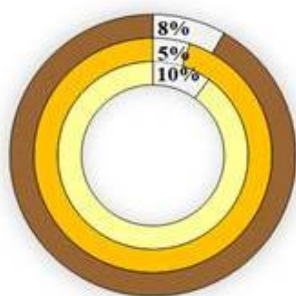
P62LL109



LG5478



RGT Wollf



Примітка: білим вказано частку невиповнених сім'янок в кошику (зліва – у рослин за умов вільного комахозапилення, справа – у групі рослин з ізольованими кошиками);

в напрямку від зовнішнього кола до внутрішнього: коричневий колір відповідає периферійній зоні диску кошика; оранжевий – проміжній; жовтий – центральній.