

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ДОБРЕНЬКИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 633.854.78:631.5:631.82

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ТА НЕДОСТАТНЬОГО
ЗВОЛОЖЕННЯ УКРАЇНИ

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник: Авраменко Сергій Володимирович, доктор с.-г наук,
старший науковий співробітник

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Добренський О.А. Підвищення врожайності соняшнику за різних технологій вирощування в умовах нестійкого та недостатнього зволоження України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, 2026.

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та вирішення важливого наукового завдання з удосконалення елементів технології вирощування соняшнику в умовах нестійкого та недостатнього зволоження України шляхом встановлення закономірностей формування врожайності та показників якості насіння залежно від густоти рослин, гербіцидного навантаження, активності запилювачів та мікроелементного живлення.

Актуальність теми дослідження зумовлена важливим значенням соняшнику як провідної олійної культури у світовому та вітчизняному землеробстві. Україна є одним із найбільших виробників та експортерів соняшникової олії у світі, а площі посіву цієї культури в останні десятиліття мають тенденцію до зростання. Водночас стабільність виробництва соняшнику значною мірою залежить від погодних умов, рівня забезпечення вологою, біологічних особливостей гібридів та ефективності застосування технологічних прийомів вирощування. У зоні Степу України останніми роками спостерігається підвищення температурного режиму, зменшення кількості опадів та їх нерівномірний розподіл протягом вегетаційного періоду, що призводить до зростання ризику посухи та зниження врожайності культури. За таких умов особливого значення набуває розроблення адаптивних технологій вирощування соняшнику, спрямованих на підвищення ефективності використання ресурсів середовища та стабілізацію формування врожаю.

Одним із ключових елементів технології вирощування соняшнику є густота рослин, яка визначає інтенсивність використання сонячної радіації, водних та поживних ресурсів ґрунту, формування листової поверхні та

структури врожайності. Надмірне загущення посівів призводить до посилення конкуренції між рослинами за ресурси середовища, що знижує інтенсивність фотосинтезу та негативно впливає на формування генеративних органів. Водночас, недостатня густота рослин призводить до неповного використання площі живлення та зниження продуктивності агроценозу. Тому встановлення оптимальної густоти рослин для сучасних гібридів соняшнику є важливим напрямом удосконалення технології вирощування культури.

Важливим чинником формування врожайності соняшнику є ефективність контролю бур'янів. У сучасних технологіях вирощування культури широко застосовуються післясходові гербіциди, які забезпечують високий рівень захисту посівів від бур'янів. Разом з тим, перевищення рекомендованих норм внесення або неврахування біологічних особливостей гібридів може призводити до прояву фітотоксичності та пригнічення ростових процесів рослин. Крім того, в останні роки зростає увага до можливого впливу гербіцидів на комах-запилювачів, активність яких безпосередньо впливає на формування врожайності соняшнику.

Соняшник належить до ентомофільних культур, продуктивність яких значною мірою залежить від інтенсивності запилення комахами, насамперед медоносними бджолами (*Apis mellifera* L.). Активність запилювачів впливає на рівень запліднення квіток, формування виповненості насіння та накопичення олії. У сучасних умовах інтенсивного землеробства важливим є дослідження впливу технологічних прийомів вирощування на активність запилювачів та встановлення їх ролі у формуванні врожайності соняшнику.

Важливим елементом системи живлення соняшнику є мікроелементи, серед яких особливе значення має бор. Бор відіграє важливу роль у процесах цвітіння, запліднення та формування насіння, бере участь у транспортуванні вуглеводів та регуляції обміну речовин у рослинах. У виробничій практиці широко застосовується позакореневе внесення бору, однак ефективність цього агрозаходу залежить від забезпеченості ґрунту бором, погодних умов та фази розвитку рослин.

Метою досліджень було встановлення закономірностей формування врожайності соняшнику та обґрунтування адаптивних елементів технології його вирощування в умовах нестійкого та недостатнього зволоження Степу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення таких завдань:

- встановити оптимальну густоту рослин для сучасних гібридів соняшнику;
- визначити вплив різних норм післясходових гербіцидів на продуктивність рослин;
- оцінити вплив гербіцидів на активність комах-запилювачів;
- дослідити ефективність позакореневого внесення водорозчинного бору;
- провести економічну та біоенергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології.

Об'єкт дослідження – процес формування врожайності соняшнику залежно від елементів технології вирощування.

Предмет дослідження – вплив густоти рослин, страхових гербіцидів, ентомофільного запилення та мікроелементного живлення на продуктивність гібридів соняшнику.

Полеві дослідження проводили протягом 2022–2024 років у зоні Степу України. Погодні умови в роки проведення досліджень характеризувалися нестійким зволоженням та підвищеним температурним режимом. Кількість опадів за вегетаційний період становила 111,6–248,3 мм, що було на 20–45 % нижче середньобогаторічних показників. Гідротермічний коефіцієнт у період наливу насіння знижувався до 0,48–0,62, що відповідало умовам атмосферної та ґрунтової посухи.

Визначено адаптивні межі оптимальної густоти рослин на момент збирання для сучасних гібридів соняшнику середньоранньої групи стиглості (Білоба, Дакстон, Сувекс, Неома) в умовах Степу України. Установлено, що за густоти 55 тис. рослин/га забезпечувалося оптимальне співвідношення між площею живлення та інтенсивністю фотосинтетичної діяльності агрофітоценозу, що сприяло формуванню маси насіння з кошика 52–58 г, маси 1000 насінин 60–68 г та діаметра кошика 19,8–21,4 см. Урожайність у середньому становила 3,35–

3,48 т/га, перевищуючи варіант 35 тис. рослин/га на 0,30–0,45 т/га та 65 тис. рослин/га на 0,18–0,32 т/га. У загущених посівах (65 тис. рослин/га) посилювалася конкуренція між рослинами за воду та поживні речовини, що призводило до зменшення асиміляційної поверхні на одну рослину, скорочення періоду наливу насіння та зниження маси насіння з кошика на 6–12 %, маси 1000 насінин на 4–8 % та скорочення тривалості наливу насіння на 2–4 доби. Зниження густоти до 35 тис. рослин/га збільшувало індивідуальну продуктивність рослин, проте не забезпечувало компенсації зменшення їх кількості на одиниці площі.

Коефіцієнт варіації врожайності залежно від густоти становив 8,5–14,2 %, маси насіння з кошика – 10,4–18,7 %, маси 1000 насінин – 6,2–11,5 %, що свідчило про середній рівень мінливості досліджуваних ознак. Найменш варіабельною ознакою була маса 1000 насінин, що вказує на її відносну стабільність за контрастних гідротермічних умов.

Установлено статистично достовірні позитивні кореляційні зв'язки між масою насіння з кошика та врожайністю ($r = 0,72–0,81$), масою 1000 насінин та врожайністю ($r = 0,64–0,76$), діаметром кошика і масою насіння з нього ($r = 0,69$), що дозволило ідентифікувати ключові елементи структури врожайності. Регресійний аналіз показав, що збільшення маси насіння з кошика на 1 г супроводжувалося зростанням врожайності на 0,045–0,052 т/га.

Було комплексно досліджено вплив різних доз страхових гербіцидів (Геліантекс, Пульсар Флекс) на врожайність гібридів соняшнику з різним рівнем толерантності. Встановлено, що перевищення регламентованих норм внесення знижувало врожайність на 20–27 %, масу насіння з кошика – на 12–18 %, масу 1000 насінин – на 8–12 %. У варіантах із рекомендованими нормами зниження врожайності не перевищувало 3–6 %. Коефіцієнт варіації врожайності під впливом гербіцидного навантаження становив 9,2–16,4 %. Агроекологічна оцінка впливу страхових гербіцидів показала, що їх застосування у рекомендованих дозах не порушувало функціонування агроценозу соняшнику та забезпечувало ефективний контроль бур'янів. Водночас перевищення норм

внесення спричиняло фітотоксичну дію на рослини, що проявлялася у пригніченні ростових процесів, зменшенні площі листової поверхні та зниженні інтенсивності фотосинтезу. Це призводило до порушення процесів формування генеративних органів і, як наслідок, до зниження врожайності культури.

Встановлено, що різні схеми контролю бур'янів впливали на активність медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) та якість врожаю соняшнику (*Helianthus annuus* L.). Кількісно доведено зниження відвідуваності кошиків бджолами на 30–80 % залежно від застосованої гербіцидної технології. Так, у контрольних варіантах активність запилювачів становила 5,8–6,3 відвідування за 10 хв спостереження, після внесення гербіцидів – 2,1–4,0 відвідувань. Зменшення інтенсивності запилення знижувало виповненість насіння на 5–12 %, масу насіння з кошика на 3–7 % та олійність на 0,4–0,8 %. Виявлено кореляційний зв'язок між активністю запилювачів і врожайністю ($r = 0,58–0,71$).

Досліджено реакцію гібридів на позакореневе внесення бору. За достатнього забезпечення ґрунту рухомими формами бору (3,2–6,3 мг/кг) застосування 1,0–1,5 л/га не забезпечувало достовірних прибавок врожайності (0,05–0,08 т/га). Підвищення норми до 3,0 л/га в умовах посухи знижувало врожайність на 0,40–0,55 т/га (15–17 %). Установлено, що надмірні норми бору спричиняли скорочення тривалості наливу насіння на 3–5 діб і зменшення маси 1000 насінин.

Оцінено пластичність гібридів за коефіцієнтом регресії ($b_i = 0,85–1,15$). Гібриди з $b_i > 1$ характеризувалися підвищеною реакцією на поліпшення умов вирощування, тоді як гібриди з $b_i < 1$ проявляли більшу стабільність за посушливих умов. Індекс стабільності врожайності коливався в межах 0,92–1,07.

Проведено економічну та біоенергетичну оцінку ефективності досліджуваних технологічних елементів. За результатами економічних розрахунків встановлено, що оптимальна густота – 55 тис. рослин/га забезпечувала найвищий рівень чистого прибутку, який становив 24,5–28,2 тис. грн/га, залежно від року досліджень та гібриду, що перевищувало варіант із густотою 35 тис. рослин/га на 2,5–4,0 тис. грн/га та варіант 65 тис. рослин/га – на

1,8–3,1 тис. грн/га. Рівень рентабельності за оптимальної густоти становив 62–74 %, тоді як за загущення до 65 тис. рослин/га він знижувався до 50–58 % унаслідок падіння врожайності та зростання витрат на насіння. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_e = 3,8\text{--}4,2$) формувалася за густоти 55 тис. рослин/га. Енерговитрати на формування 1 т насіння становили 3,9–4,4 ГДж, що було на 8–12 % нижче порівняно з варіантом загущення 65 тис. рослин/га. За зниження густоти до 35 тис. рослин/га коефіцієнт енергетичної ефективності зменшувався до 3,2–3,5 унаслідок недовикористання потенціалу площі живлення.

Використання рекомендованих норм внесення гербіцидів забезпечувало стабільну врожайність із незначним (до 3–6 %) її зниженням порівняно з контролем без фітотоксичного ефекту. Рентабельність технології при дотриманні рекомендованих норм становила 58–68 %. Перевищення норм внесення гербіцидів призводило до зменшення врожайності на 0,60–0,85 т/га, що знижувало чистий прибуток на 6,0–9,5 тис. грн/га та рівень рентабельності на 12–20 %, роблячи такі варіанти економічно недоцільними.

На основі встановлених закономірностей розроблено адаптивні рекомендації щодо вирощування соняшнику в умовах нестійкого та недостатнього зволоження, які передбачають оптимізацію густоти рослин, регламентоване застосування страхових гербіцидів, урахування впливу технологій захисту на запилення та обґрунтоване використання мікроелементного живлення.

Наукова новизна полягає в комплексному дослідженні взаємодії основних елементів технології вирощування соняшнику в умовах кліматичної нестабільності, встановленні адаптивних меж густоти рослин, визначенні фітотоксичних меж дії страхових гербіцидів, кількісній оцінці впливу гербіцидів на активність запилювачів та уточненні доцільності позакореневого внесення бору.

Практичне значення одержаних результатів полягало у впровадженні адаптивних технологій вирощування соняшнику у виробничих умовах

господарств Харківської та Полтавської областей, що забезпечило підвищення врожайності на 0,3–0,5 т/га, зростання прибутку на 2500–4000 грн/га та зниження ризику втрати врожаю в посушливі роки.

Ключові слова: сільськогосподарська культура, соняшник, гібрид, насіння, технологія вирощування, якість сівби, густота рослин, гербіциди, удобрення, запилення, гідротермічні умови, оцінка, фізіологія, фенологія, кореляційні зв'язки, структура врожайності, олійність, продуктивність, енергетична ефективність, прибуток.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, в яких опубліковано основні
наукові результати дисертації

1. Dobrenkyi, O. Herbicide impact on bee pollination and yield interactions in sunflower production. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 11. P. 47–57. DOI:10.48077/scihor11.2025.47.
2. Добренський О.А, Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від доз страхових гербіцидів в умовах Степу України. *Селекція і насінництво*. 2025. № 128. С. 6–18. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347582.
3. Добренський О.А. Вплив різних схем застосування гербіцидів на запилення соняшнику медоносними бджолами. *Агробіологія*. 2025. № 2. С. 38–46. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-38-46.
4. Добренський О.А. Вплив різних гербіцидних систем захисту на активність медоносних бджіл та олійність насіння соняшнику. *Збалансоване Природокористування*. 2025. № 3. С. 143–150. DOI: 10.33730/23104678.3.2025.342537.

Статті у наукових іноземних виданнях

5. Dobrenkyi O. Influence of Foliar Application of Water-Soluble Boron on Sunflower Productivity. *J Water Res.* 2025. № 3. P. 1–4. DOI: 10.33140/JWR.03.03.04.

6. Dobrenkyi O.A., Avramenko S.V. Impact of planting density on sunflower yield in eastern Ukraine. *Modern Engineering and Innovative Technologies.* 2025. Issue 40. P185–192. DOI: 10.30890/2567–5273.2025–40–01–002.

Публікації в інших виданнях

7. Dobrenkyi O. Sunflower production technology. *ESS Open Archive.* 2025. P. 1–77. DOI: 10.22541/essoar.174835190.01046527/v1.

Тези наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. Добренський О.А., Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти рослин в умовах посушливого 2024 року. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет конференція «Сучасні технології в рослинництві» присвячена 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича, 27–28 листопада 2024 р. Інститут рослинництва ім. В.Я Юр'єва НААН. Харків. 2024. С. 56–59.

9. Добренський О.А., Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від позакореневого внесення водорозчинного бору. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет конференція «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» присвячена 120-ій річниці від дня народження професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича ПОЛЯКОВА, 20 жовтня 2025 р. Інститут рослинництва ім. В.Я Юр'єва НААН. Харків. 2025. С. 28–31.

Методичні рекомендації

10. Авраменко С.В., Попов С.І., Гутянський Р.А., Жижка Н.Г., Добренський О.А., Хрістосов В.В. Базова інформація «Розроблення елементів технології вирощування соняшнику для підвищення продуктивності гібридів» (методичні вказівки). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2025. 15 с.

ANNOTATION

Dobrenkyi O.A. Increasing Sunflower Yield under Different Cultivation Technologies in Conditions of Unstable and Insufficient Moisture in Ukraine. – Qualifying scientific work submitted as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 201 – Agronomy. – Yuriev Plant Production Institute of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, 2026.

The dissertation presents a theoretical generalization and solution to an important scientific problem related to improving elements of sunflower cultivation technology under conditions of unstable and insufficient moisture in Ukraine by establishing the patterns of yield formation and seed quality depending on plant density, herbicide load, pollinator activity, and micronutrient nutrition.

The relevance of the research topic is determined by the important role of sunflower as one of the leading oilseed crops in global and national agriculture. Ukraine is one of the largest producers and exporters of sunflower oil worldwide, and the cultivated area of this crop has steadily increased in recent decades. At the same time, the stability of sunflower production largely depends on weather conditions, moisture availability, biological characteristics of hybrids, and the efficiency of agronomic practices applied during cultivation. In the Steppe zone of Ukraine, recent years have been characterized by an increase in average air temperature, a decrease in total precipitation, and uneven distribution of rainfall during the growing season, which increases the risk of drought and reduces crop productivity. Under such conditions, the development of adaptive sunflower cultivation technologies aimed at improving the efficiency of resource use and stabilizing yield formation becomes particularly important.

One of the key elements of sunflower cultivation technology is plant density, which determines the efficiency of solar radiation utilization, soil water and nutrient uptake, leaf area formation, and yield structure development. Excessive crop density intensifies competition among plants for environmental resources, reducing

photosynthetic activity and negatively affecting the formation of reproductive organs. Conversely, insufficient plant density leads to incomplete use of the available growing space and reduced productivity of the agroecosystem. Therefore, determining the optimal plant density for modern sunflower hybrids represents an important direction for improving sunflower cultivation technology.

An important factor affecting sunflower productivity is the efficiency of weed control. In modern sunflower cultivation technologies, post-emergence herbicides are widely used to provide effective weed management. However, exceeding recommended application rates or failing to consider hybrid-specific tolerance may result in phytotoxic effects and suppression of plant growth processes. Moreover, increasing attention has recently been paid to the potential impact of herbicides on insect pollinators, whose activity directly influences sunflower yield formation.

Sunflower is an entomophilous crop whose productivity largely depends on the intensity of insect pollination, particularly by honey bees (*Apis mellifera* L.). Pollinator activity affects the level of fertilization of florets, seed set, and oil accumulation in sunflower seeds. Under modern intensive agricultural systems, it is important to assess the influence of cultivation practices on pollinator activity and determine their role in sunflower yield formation.

Micronutrient nutrition is another important component of sunflower cultivation technology, among which boron plays a particularly significant role. Boron participates in flowering, fertilization, and seed formation processes and regulates carbohydrate transport and metabolic activity in plants. In agricultural practice, foliar boron application is widely used; however, the efficiency of this agronomic practice depends on soil boron availability, environmental conditions, and plant developmental stage.

The study aimed to establish the patterns of sunflower yield formation and to substantiate adaptive elements of sunflower cultivation technology under conditions of unstable and insufficient moisture in the Steppe zone of Ukraine.

To achieve this goal, the following objectives were addressed:

- to determine the optimal plant density for modern sunflower hybrids;
- to evaluate the effect of different rates of post-emergence herbicides on plant

productivity;

- to assess the influence of herbicides on insect pollinator activity;
- to investigate the efficiency of foliar application of water-soluble boron;
- to conduct an economic and bioenergetic assessment of the studied technological elements.

The object of the study was the process of sunflower yield formation depending on elements of cultivation technology.

The subject of the study was the influence of plant density, post-emergence herbicides, entomophilous pollination, and micronutrient nutrition on the productivity of sunflower hybrids.

Field experiments were conducted during 2022–2024 in the Steppe zone of Ukraine. Weather conditions during the experimental years were characterized by unstable moisture supply and elevated temperature regimes. The amount of precipitation during the growing season ranged from 111.6 to 248.3 mm, which was 20–45% lower than long-term average values. The hydrothermal coefficient during the seed filling period decreased to 0.48–0.62, indicating conditions of atmospheric and soil drought.

Adaptive limits of optimal plant density at harvest were determined for modern mid-early sunflower hybrids (Biloba, Daxton, Suvex, and Neoma) under the conditions of the Ukrainian Steppe. It was established that a plant density of 55 thousand plants per hectare provided the optimal balance between feeding area and photosynthetic activity of the crop stand. Under these conditions, seed weight per head ranged from 52 to 58 g, the weight of 1000 seeds ranged from 60 to 68 g, and head diameter ranged from 19.8 to 21.4 cm. The average yield reached 3.35–3.48 t/ha, exceeding the 35 thousand plants/ha treatment by 0.30–0.45 t/ha and the 65 thousand plants/ha treatment by 0.18–0.32 t/ha.

In dense stands (65 thousand plants/ha), competition for water and nutrients intensified, resulting in a decrease in the assimilating surface per plant, shortening of the seed filling period, a reduction in seed weight per head by 6–12%, and a decrease in the weight of 1000 seeds by 4–8%. Reducing plant density to 35 thousand plants/ha

increased individual plant productivity but did not compensate for the reduced number of plants per unit area.

The coefficient of variation for yield depending on plant density ranged from 8.5 to 14.2%, for seed weight per head from 10.4 to 18.7%, and for 1000-seed weight from 6.2 to 11.5%, indicating a moderate variability of the studied traits. The least variable trait was the weight of 1000 seeds, demonstrating its relative stability under contrasting hydrothermal conditions.

Statistically significant positive correlations were established between seed weight per head and yield ($r = 0.72\text{--}0.81$), between 1000-seed weight and yield ($r = 0.64\text{--}0.76$), and between head diameter and seed weight per head ($r = 0.69$), which allowed identification of key yield structure components. Regression analysis showed that an increase of seed weight per head by 1 g resulted in a yield increase of 0.045–0.052 t/ha.

A comprehensive assessment of the effects of different rates of post-emergence herbicides (Helianthex and Pulsar Flex) on sunflower hybrid productivity was conducted. It was established that exceeding recommended application rates reduced yield by 20–27%, seed weight per head by 12–18%, and 1000-seed weight by 8–12%. When recommended herbicide rates were used, yield reduction did not exceed 3–6%. The coefficient variation of yield under herbicide influence ranged from 9.2 to 16.4%.

Agroecological evaluation showed that the application of herbicides at recommended rates did not disrupt the functioning of the sunflower agroecosystem and provided effective weed control. However, exceeding application rates caused phytotoxic effects manifested by suppressed plant growth, reduced leaf area, and decreased photosynthetic activity, which led to impaired formation of reproductive organs and ultimately reduced crop yield.

It was determined that different weed control technologies affected the activity of honey bees (*Apis mellifera* L.) and sunflower yield quality (*Helianthus annuus* L.). A quantitative reduction in pollinator visitation intensity by 30–80%, depending on the applied technology, was recorded. In the control treatments, pollinator activity reached 5.8–6.3 visits per 10 minutes of observation, whereas after herbicide application, it

decreased to 2.1–4.0 visits. Reduced pollination intensity decreased seed set by 5–12%, seed weight per head by 3–7%, and oil content by 0.4–0.8%. A positive correlation between pollinator activity and yield was identified ($r = 0.58–0.71$).

The response of hybrids to foliar boron application was also investigated. Under sufficient soil boron availability (3.2–6.3 mg/kg), the application of 1.0–1.5 L/ha did not provide a statistically significant yield increase (0.05–0.08 t/ha). Increasing the rate to 3.0 L/ha under drought conditions reduced yield by 0.40–0.55 t/ha (15–17%). Excessive boron rates shortened the seed filling period by 3–5 days and reduced the weight of 1000 seeds.

Hybrid plasticity was evaluated using the regression coefficient ($b_i = 0.85–1.15$). Hybrids with $b_i > 1$ demonstrated higher responsiveness to improved growing conditions, whereas hybrids with $b_i < 1$ showed greater stability under drought conditions. The yield stability index ranged from 0.92 to 1.07.

Economic and bioenergetic efficiency of the studied technological elements was evaluated. The optimal plant density of 55 thousand plants/ha ensured the highest net profit, ranging from 24.5 to 28.2 thousand UAH per hectare, depending on year and hybrid. This exceeded the 35 thousand plants/ha treatment by 2.5–4.0 thousand UAH/ha and the 65 thousand plants/ha treatment by 1.8–3.1 thousand UAH/ha. Profitability at optimal density reached 62–74%, while increasing density to 65 thousand plants/ha reduced profitability to 50–58% due to yield decline and increased seed costs.

The highest energy efficiency coefficient ($K_e = 3.8–4.2$) was recorded at a density of 55 thousand plants/ha. Energy consumption for producing one ton of seeds ranged from 3.9 to 4.4 GJ, which was 8–12% lower compared with the dense stand treatment (65 thousand plants/ha). When plant density decreased to 35 thousand plants/ha, the energy efficiency coefficient declined to 3.2–3.5 due to underutilization of the available growing area.

The use of recommended herbicide application rates ensured stable yields with only a slight reduction (up to 3–6%) compared with the untreated control and without phytotoxic effects. Profitability of the technology under recommended herbicide rates

ranged from 58 to 68%. Exceeding herbicide rates reduced yield by 0.60–0.85 t/ha, which decreased net profit by 6.0–9.5 thousand UAH/ha and profitability by 12–20%, making such practices economically unjustified.

Based on the identified patterns, adaptive recommendations for sunflower cultivation under unstable and insufficient moisture conditions were developed. These include optimization of plant density, regulated use of post-emergence herbicides, consideration of their influence on pollination processes, and rational use of micronutrient fertilization.

The scientific novelty of the research lies in the comprehensive investigation of the interaction among key technological elements of sunflower cultivation under climate instability, the establishment of adaptive plant density limits, the identification of phytotoxic thresholds of post-emergence herbicides, the quantitative assessment of herbicide influence on pollinator activity, and clarification of the effectiveness of foliar boron application.

The practical significance of the obtained results lies in the implementation of adaptive sunflower cultivation technologies in agricultural enterprises of Kharkiv and Poltava regions, which ensured an increase in yield by 0.3–0.5 t/ha, an increase in profit by 2,500–4,000 UAH/ha, and a reduction in the risk of yield losses in drought years.

Key words: sunflower, hybrid, plant density, post-emergence herbicides, micronutrient nutrition, boron, yield structure, yield, oil content, correlation relationships, pollination, honey bees, entomophily, unstable moisture, adaptive technology.

ЗМІСТ

Розділ	Стор.
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА	25
1.1. Біолого-ботанічна характеристика культури	25
1.2. Сучасний стан виробництва	30
1.2.1. Гібридний склад	41
1.2.2. Норми висіву	43
1.2.3. Технології захисту посівів від бур'янів	45
1.2.4. Проблеми запилення квіток соняшника	47
1.2.5. Якість насіння	52
Висновки до розділу 1	53
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови	55
2.2. Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень	58
2.3. Матеріали досліджень	65
2.4. Методика проведення досліджень	68
Висновки до розділу 2	84
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЇЇ СТРУКТУРА У ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	87
3.1. Особливості запилення бджолами квіток соняшника за різних технологій вирощування	87
3.2. Вплив густоти рослин на урожайність та показники якості гібридів соняшнику	124
3.3. Вплив різних доз страхових гербіцидів на урожайність гібридів соняшнику	152

3.4. Ефективність позакореневого внесення бору на продуктивність рослин	162
Висновки до розділу 3	176
РОЗДІЛ 4. ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	178
4.1. Вплив ґрунтових і страхових гербіцидів на якість насіння	178
4.2. Вплив густоти рослин на показники якості насіння	182
4.3. Вплив доз страхових гербіцидів на якість насіння	188
4.4. Вплив позакореневого внесення бору на якість насіння	193
Висновки до розділу 4	200
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ	203
5.1. Економічна ефективність технологій	203
5.2. Енергетична ефективність технологій	214
5.2.1. Біоенергетична ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від гербіцидних технологій	215
5.2.2. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику за різної густоти рослин	217
5.2.3. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від норм внесення страхових гербіцидів	219
5.2.4. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від норм і фаз внесення бору	221
Висновки до розділу 5	223
ВИСНОВКИ	225
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	229
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	231
ДОДАТКИ	248

ВСТУП

Соняшник є однією з ключових олійних культур України, що займає провідне місце у структурі сільськогосподарського виробництва. Однак змінні кліматичні умови, зокрема нестабільне та недостатнє зволоження, значно впливають на продуктивність цієї культури. Наші дослідження були спрямовані на розробку та оптимізацію технологій вирощування соняшнику в умовах нестійкого зволоження. Зокрема, вивчено вплив запилення бджолами, густоти рослин, гербіцидних технологій та позакореневого внесення бору на врожайність та якість насіння соняшнику.

Обґрунтування вибору теми дисертації. В умовах стрімкого подорожчання ресурсів надзвичайно важливим є оптимізація росту, розвитку та реалізація потенціалу врожайності й показників якості насіння гібридів соняшнику та складу олії в різних технологіях вирощування в умовах нестійкого та недостатнього зволоження. Особливої актуальності набуває проблема оптимізації продукційного процесу соняшнику в умовах нестійкого та недостатнього зволоження Степу України. Останнім часом спостерігається тенденція до зростання середньодобових температур, нерівномірного розподілу опадів та збільшення частоти атмосферних і ґрунтових посух, особливо у фазах бутонізації, цвітіння та наливу насіння як критичних для формування врожаю. У таких умовах навіть високопродуктивні гібриди не завжди реалізують генетичний потенціал урожайності та олійності.

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, до останнього часу залишаються недостатньо розкритими закономірності формування врожайності та якості насіння соняшнику за комплексної дії основних технологічних чинників. Також є нерозкритою та потребує додаткових досліджень проблема оптимізації густоти рослин, що набуває особливого значення в умовах нестійкого зволоження. З одного боку, загущення посівів підвищує конкуренцію за ґрунтову вологу та елементи живлення, що може обмежувати налив насіння; з іншого боку, зниження густоти не завжди компенсується збільшенням

індивідуальної продуктивності рослин. Відсутність чітко обґрунтованих адаптивних параметрів густоти для сучасних гібридів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах створює ризики недоотримання врожаю.

Не менш актуальною залишається проблема гербіцидного навантаження. У виробництві часто спостерігається перевищення рекомендованих норм внесення страхових гербіцидів, що може призводити до прихованого фітотоксичного ефекту, пригнічення ростових процесів, порушення формування генеративних органів та зниження продуктивності. Разом з тим, недостатньо дослідженим залишається питання впливу гербіцидів на активність бджіл-запилювачів – ключового біологічного чинника формування виповненості насіння соняшнику. В умовах ентомофільного запилення навіть незначне зниження активності бджіл може спричинити недоформування насіння, що безпосередньо впливає на врожайність і олійність.

Потребує уточнення й ефективність застосування бору як одного з критичних мікроелементів для соняшнику. За достатньої забезпеченості ґрунту його рухомими формами додаткове внесення може бути економічно недоцільним або навіть негативно впливати на рослини за умов посухи. Однак у виробничій практиці позакореневі підживлення часто застосовуються без урахування агрохімічного стану ґрунту та гідротермічних умов.

Отже, існує наукова та виробнича потреба у комплексному дослідженні взаємодії густоти рослин, гербіцидного навантаження, мікроелементного живлення та запилення бджолами в єдиній системі технології вирощування соняшнику. Встановлення закономірностей формування врожайності, олійності та стабільності продуктивності за інтегрованої дії цих чинників дозволить оптимізувати ресурсне забезпечення технології, мінімізувати виробничі ризики в умовах кліматичної мінливості, підвищити економічну та енергетичну ефективність виробництва та забезпечити екологічну збалансованість агроєкосистем, на що і були спрямовані наші дослідження, пріоритетність та актуальність яких обумовлена завданнями галузевих наукових програм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження були проведені впродовж 2022–2025 рр. згідно ПНД 16 «Соняшник: основи управління продукційним процесом» 16.00.00.04.П «Управління продукційним процесом в агроценозах соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України» (номер державної реєстрації в УкрІНТЕІ 0121U100576); 16.00.00.25.Пк «Розроблення елементів технології вирощування соняшнику для підвищення продуктивності гібридів» (номер державної реєстрації в УкрІНТЕІ 0125U000507).

Мета та завдання досліджень

Метою досліджень було підвищення урожайності соняшника середньоранньої та середньостиглої груп стиглості та різного жирнокислотного складу олії в насінні за різних технологій вирощування в умовах нестійкого та недостатнього зволоження України. Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

- виявити особливості та вплив запилення бджолами квіток соняшника на врожайність та якість врожаю за різних гербіцидних технологій;
- встановити вплив густоти рослин на урожайність та показники якості гібридів соняшнику;
- визначити вплив різних доз страхових гербіцидів на урожайність гібридів соняшнику;
- перевірити ефективність позакореневого внесення бору на продуктивність рослин та якість насіння соняшнику.

Об'єкт досліджень

Процес формування продуктивності гібридів соняшнику середньоранньої групи стиглості (Білоба, Дакстон, Сувекс), стійких до гербіцидів різних хімічних груп в умовах Степу України.

Предмет досліджень

Підвищення врожайності соняшнику за різних технологій вирощування в умовах нестійкого та недостатнього зволоження України шляхом установлення закономірності врожайності та якості насіння нових гібридів соняшнику від

системи удобрення, густоти рослин, страхових гербіцидів, присутності запилювачів, здатності гібридів до самозапилення.

Методи дослідження

У процесі проведення досліджень було використано експериментальні методи: польовий (сортівивчення для визначення врожайності, візуальний – для ведення фенологічних спостережень); структурний аналіз рослин (для визначення маси 1000 насінин, лушпинності); хімічний – для визначення вмісту NPK в ґрунті, рослинах та насінні; біохімічний – для оцінки показників якості насіння; статистично-кореляційний, дисперсійний аналізи – для оцінки достовірності результатів дослідження; розрахунковий – для визначення економічної та біоенергетичної ефективності вирощування гібридів соняшнику залежно від варіантів досліду.

Наукова новизна одержаних результатів

У результаті проведених досліджень сформовано нові теоретичні та практичні положення щодо підвищення врожайності соняшнику в умовах нестійкого та недостатнього зволоження південно–східного Степу України, які розширюють уявлення про ефективність технологічних заходів вирощування цієї культури. Основні положення наукової новизни сформульовано наступним чином:

Уперше комплексно досліджено взаємодію основних елементів технології вирощування соняшнику (густота рослин, гербіцидний захист, запилення бджолами, позакореневе внесення бору) для гібридів із різною генетичною основою, що дало змогу обґрунтувати оптимальні агротехнічні рішення з урахуванням гідротермічних умов регіону.

Уперше встановлено вплив гербіцидних технологій на активність запилювачів та привабливість квіток для бджіл, що є новим підходом до оцінки гербіцидних схем із урахуванням екосистемних послуг запилення, важливих для продуктивності культури.

На основі багаторічного експерименту визначено оптимальну густоту рослин, яка забезпечує найвищу та стабільну врожайність гібридів Білоба та Дакстон в умовах посушливого клімату Степу України.

Вперше досліджено ефективність застосування різних доз страхових гербіцидів (Геліантекс, Пульсар Флекс) для гібридів з різним рівнем толерантності, що дозволило встановити межі фітотоксичної дії та обґрунтувати доцільність регламентованого дозування.

Виявлено негативний вплив підвищених доз бору при позакореновому внесенні у фазах V8–V10 та R1–R2 на урожайність соняшнику за умов дефіциту вологи та високого вмісту цього елемента у ґрунті, що доповнює існуючі уявлення про мікроелементне живлення культури в посушливих умовах.

Розроблено науково-практичні рекомендації щодо адаптивного вирощування гібридів соняшнику з урахуванням кліматичних ризиків, ефективності використання ресурсів та екологічної доцільності технологічних рішень.

Практичне значення отриманих результатів

Результати проведених досліджень мають важливе прикладне значення для удосконалення технологій вирощування соняшнику в умовах нестійкого та недостатнього зволоження, характерного для південно-східного регіону України. Практичне значення підтверджується можливістю їх широкого застосування у виробничих умовах.

Обґрунтовано оптимальні елементи технології вирощування соняшнику (норма висіву, схема гербіцидного захисту, запилення, позакореневе внесення бору), що дозволить агровиробникам підвищити ефективність використання водних та поживних ресурсів, зменшити стресове навантаження на рослини та стабілізувати врожайність за посушливих погодних умов.

Встановлено оптимальні дози страхових гербіцидів для конкретних гібридів (Білоба, Неома), що забезпечує ефективний контроль бур'янів із мінімальним фітотоксичним впливом на культуру, підвищує рівень агроекологічної безпеки та економічну ефективність вирощування.

Запропоновано диференційований підхід до густоти рослин, адаптований до різних гібридів соняшнику, що дозволяє уникати внутрішньовидової конкуренції та максимально реалізовувати потенціал продуктивності культури.

Розроблено методичні підходи до оцінки впливу гербіцидів на запилення соняшнику, що можуть бути використані при створенні нових адаптивних технологій вирощування з урахуванням потреб комах-запилювачів, особливо в контексті розвитку біологічного та інтегрованого землеробства.

Встановлено недоцільність застосування позакореневого підживлення бором в умовах підвищеного його вмісту в ґрунті, що дозволяє агровиробникам уникати економічно необґрунтованих витрат та запобігати можливим фітотоксичним ефектам.

Отримані результати впроваджено у виробничу практику ПАОП «Промінь» (Харківська обл.), СТОВ «Лан» (Харківська обл.), ПОСП «Гарант» (Харківська обл.), АОПП «Великосорочинське» (Полтавська обл.), ФГ «Грига» (Полтавська обл.), та використано при навчанні здобувачів вищої освіти в Інституті рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН, що підтверджує їх прикладну цінність (додатки Д.2–Д.7). Крім того, результати досліджень було доповнено сучасними підходами, отриманими під час підвищення кваліфікації, що підтверджується сертифікатами з програм Integrated Pest Management, Pollinator Protection, Field Crops IPM та ліцензованого застосування пестицидів (Michigan, США) (додатки Д.8–Д.16).

Особистий внесок здобувача

Автором особисто проведено аналіз джерел літератури за темою дисертації, закладено польові та лабораторні дослідження, обґрунтовано, узагальнено та здійснено аналіз результатів досліджень, сформульовані основні наукові положення дисертаційної роботи. Частка участі дисертанта у спільних публікаціях наукових статей та тез конференцій становить від 60 до 80 %.

Апробація матеріалів дисертації

Результати дисертаційного дослідження були заслухані, обговорені й позитивно оцінені на Міжнародній науково–практичній інтернет конференції

«Сучасні технології в рослинництві», присвячена 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого–рослиника Рожевського Бориса Миколайовича; Міжнародній науково–практичній інтернет–конференції молодих учених та спеціалістів «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» присвяченій 120-й річниці від дня народження професора, члена–кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова.

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено у 10 наукових працях, у тому числі в 6 статтях, з яких 4 у фахових наукових виданнях України, 2 у закордонних виданнях (Німеччина та США), 1 підручнику, 2 тезах Міжнародних наукових конференцій, 1 методичній рекомендації виробництву (додаток Е.1).

Структура і обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 277 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі 215 сторінках основного тексту. Вона включає анотацію українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, практичні рекомендації виробництву, список використаних джерел, який включає 202 найменування, з них 114 латиницею, та 39 додатків. Робота містить 64 таблиці і 22 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Біолого-ботанічна характеристика культури

Соняшник є однією з найважливіших олійних культур у світі, і у деяких країнах, особливо європейських, він є основною сировиною для виробництва олії. У світі під соняшник відведені майже 27 мільйонів гектарів [1]. Соняшникову олію широко використовують як продукт харчування в натуральному вигляді. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є цінною однорічною культурою родини Asteraceae, яка вирізняється високою продуктивністю та важливими агрономічними властивостями. Він належить до підвиду *annuus*, що є найпоширенішим у сільському господарстві. Харчова цінність його зумовлена високим вмістом поліненасиченої жирної лінолевої кислоти (55–60 %), яка має значну біологічну активність і прискорює метаболізування ефірів холестерину в організмі, що позитивно впливає на стан здоров'я. Побічні продукти переробки насіння соняшнику – макуха при пресуванні і шрот при екстрагуванні (близько 35 % від маси насіння) є цінними концентрованими кормами для худоби. Стандартна макуха містить 38–42 % перетравного протеїну, 20–22 % безазотистих екстрактивних речовин, 6–7 % жиру, 14 % клітковини, 6–8 % золи, багато мінеральних солей. За поживністю 100 кг макухи відповідають 109 корм. од. Шрот містить близько 33–34 % перетравного протеїну, 3 % жиру, 100 кг його відповідають 102 корм. од [2,4–7].

Рослини соняшника характеризуються добре розвиненою кореневою системою, яка складається з первинного кореня, що формується під час проростання, та вторинних, які утворюються через 10–14 діб після появи сходів. Основний корінь проникає на глибину до 2–4 метрів, з бічними розгалуженнями, що розповсюджуються в горизонтальному напрямку до 1,2 м. Найвища

концентрація коренів спостерігається у шарі ґрунту 0–70 см, хоча за сприятливих умов окремі корені досягають глибини 2,5 м [3].

Надземна частина складається з прямостоячого, трав'янистого, не розгалуженого стебла висотою від 0,6 м до 5 м залежно від сорту і умов вирощування. Стебло має добре виражену серцевину та вкрите жорсткими волосками, що виконують захисну функцію. Воно добре облиствене, трав'янисте, міцне. Середньодобовий приріст висоти рослин в період від сходів до утворення кошика та до початку цвітіння становить 3,8–4 см. При достатній кількості вологи максимальна висота рослин може досягати 220 см [7]. В силосних сортів висота більше 3 метрів. Листки черешкові, великі, вкриті опушенням, розташовані по чергові, кількість яких на одній рослині може коливатися від 20 до 36 штук. Соняшнику притаманний геліотропізм – орієнтація листя і кошиків у напрямку сонця, що сприяє підвищенню інтенсивності фотосинтезу [8–9].

Суцвіття соняшнику – це складний кошик, що складається з трубчастих двостатевих квіток у центрі та язичкових стерильних по краях. Кошик захищений обгорткою із видозмінених листків, які виконують терморегуляторні, фотосинтетичні та механічно-захисні функції. Квітки мають п'ять тичинок, які зростаються в трубку, та один стовпчик. Цвітіння триває 7–10 діб, причому спочатку розкриваються язичкові, а згодом – трубчасті квітки. Завдяки наявності нектару та пилку соняшник є важливою медоносною культурою. З 1 га посівів бджоли можуть зібрати до 40 кг меду, при цьому запилення сприяє підвищенню врожайності насіння, що має важливе агробіологічне та економічне значення, оскільки забезпечує підвищення виповненості насіння, маси 1000 насінин, зменшення пустозерності та зростання врожайності й олійності культури [10–11].

Поділ онтогенезу соняшнику на окремі фази росту й розвитку має певну умовність, однак такий підхід дозволяє більш точно оцінювати перебіг ростових процесів і своєчасно планувати агротехнічні заходи [19]. В умовах сучасного виробництва сільськогосподарських культур особливої важливості набуває

інтеграція національних і зарубіжних наукових напрацювань [20]. Зокрема, все ширше впроваджуються імпорتنі препарати для захисту рослин – гербіциди, фунгіциди, інсектициди тощо. У зв'язку з цим зростає значення застосування міжнародно визнаної уніфікованої системи оцінки фаз росту й розвитку рослин – шкали BBCH [136].

Вона була створена в 1990–1991 рр. групою європейських учених із Німеччини, Англії та Швейцарії на замовлення провідних компаній–виробників агрохімічної продукції – Basf, Bayer, Ciba-Geigy та Hoechst. Саме від початкових літер цих фірм і походить назва шкали – BBCH [123]. Ця система характеризується дворівневою структурою та гнучкістю, що дозволяє застосовувати її для різних культур [37]. Вона відзначається високою точністю опису фаз росту й розвитку та зручністю використання завдяки ілюстраціям і таблицям. Шкала оцінює стан лише головного пагона, що забезпечує однозначність і відтворюваність результатів спостережень.

Завдяки простоті й універсальності BBCH швидко стала стандартом у багатьох країнах світу й отримала широке визнання серед агрономів та фермерів. Сьогодні вона є важливим інструментом у системі моніторингу росту рослин, плануванні підживлень і застосуванні засобів захисту. Узагальнені стадії росту й розвитку соняшнику відповідно до шкали BBCH наведено в табл. 1.1

Таблиця 1.1

Стадії росту й розвитку соняшнику (*Helianthus annuus* L.) відповідно до шкали BBCH та їх відповідність прийнятої у Північній Америці системи класифікації

Код	Стадії росту й розвитку соняшнику	Відповідає стадії
Макростадія 0: Проростання		
00	Сухе насіння	
01	Початок набубнявіння насіння	
03	Кінець набубнявіння насіння	
05	Вихід зародкового корінця із насіння	

Продовження таблиці 1.1

Код	Стадії розвитку соняшнику	Відповідає стадії
06	Зародковий корінець подовжений, утворення кореневих волосків	
07	Гіпокотиль та сім'ядолі пробili насіннєву оболонку	
08	Гіпокотиль пробиває поверхню ґрунту	
09	Сходи: сім'ядолі пробивають поверхню ґрунту	
Макростадія 1–2: Розвиток листків (головний пагін)		
10	Сім'ядолі повністю розпушені	V-E
12	2 справжні листки (1 пара справжніх листків) розпушені	V-2
14	4 справжні листки (2 пари справжніх листків) розпушені	V-4
15	5 справжніх листків розпушені	V-5
16	6 справжніх листків розпушені	V-6
17	7 справжніх листків розпушені	V-7
18	8 справжніх листків розпушені	V-8
19	9 справжніх листків розпушені	V-9
Макростадія 3–4: Ріст у довжину		
30	Початок росту в довжину	
31	Видно 1–е розтягнуте міжвузля	
32	Видно 2–е розтягнуте міжвузля	
33	Видно 3–е розтягнуте міжвузля	
3..	Стадії продовжуються до ...	
39	9 і більше розтягнутих міжвузлів	
Макростадія 5: Розвиток закладання квіток		
51	Видно бутон суцвіття між молодими листками (стадія зірочки)	R-1
53	Суцвіття відділяється від верхніх листків	R-2
55	Суцвіття відділене від верхнього справжнього листку	
57	Суцвіття чітко відділене від верхніх справжніх листків	R-3
59	Суцвіття ще закрите. Язичкові квітки видно приквітниками	R-4
Макростадія 6: Цвітіння (головний пагін)		
61	Початок цвітіння. Язичкові квітки вертикально на диску, трубчасті квітки видно із зовнішньої третини диску	R-5
63	Трубчасті квітки зовнішньої третини диску цвітуть, приймочки та пиляки вільні	R-5,3
65	Повне цвітіння. Трубчасті квітки середньої третини цвітуть, приймочки та пиляки вільні	R-5,6

Плід соняшнику – однонасінна сім'янка, яка утворюється в результаті запліднення трубчастих квіток у центральній частині кошика. Сім'янка складається з двох основних частин: зовнішнього оплодня, який не зростається з насіниною та утворює лущиння, і внутрішньої частини – ядра, що містить зародок рослини [52–54].

Оплодень має шкірясту структуру та виконує захисну функцію. Ядро сім'янки обгорнуте тонкою насінневою оболонкою і складається із зародка, двох сім'ядоль і зачаткового корінця. Відсотковий вміст лущиння до загальної маси сім'янки залежить від гібридних особливостей та умов вирощування.

Хімічний склад ядра значною мірою варіює залежно від генотипу, кліматичних умов регіону, агротехніки та рівня мінерального живлення. Основними складовими ядра є жири (олія), білки, вуглеводи, фосфоліпіди, органічні кислоти, фітин, дубильні речовини, каротиноїди та мікроелементи. Високий вміст олії, переважно ненасичених жирних кислот, зумовлює виняткову цінність соняшника як олійної культури. Крім того, до складу насіння входять біологічно активні речовини, що позитивно впливають на його схожість, енергію проростання і технологічну якість [12–13].

Соняшник належить до культур, які досить добре реагують на умови зволоження. Завдяки розгалуженій кореневій системі та значній всмоктувальній силі, він може певний час витримувати нестачу води, однак у періоди тривалої посухи це призводить до пригнічення ростових процесів. За вегетаційний сезон культура споживає значні обсяги вологи – орієнтовно від 3,5 тис. м³ до 5 тис. м³ з гектара [55–57]. Для проростання насіння необхідна кількість води становить близько половини його маси. Особливо чутливим до нестачі вологи є проміжок між формуванням кошика та цвітінням, коли витрати води через транспірацію сягають максимуму (до 600–700 г/м² за годину). За таких умов спостерігається зменшення розміру кошика, зниження виповненості насіння та суттєве падіння урожайності [12].

1.2. Сучасний стан виробництва

Упродовж 2021–2025 років соняшник залишався провідною олійною культурою в Україні як за площами посівів, так і за обсягами валового збору. За цей період виробництво пережило як рекордні показники, так і суттєві втрати, що зумовлені насамперед воєнною агресією Росії, змінами клімату, порушеннями логістики та трансформаціями аграрного ринку [13].

У 2021 році в Україні зафіксовано рекордний валовий збір соняшнику, що перевищив 16 млн тонн. Посівні площі сягали 6,4 млн га, а середня урожайність становила 2,56 т/га – найвищий показник за останні десять років. Сприятливі погодні умови, високий рівень забезпеченості добривами, ефективне застосування гербіцидних технологій і широке впровадження адаптованих гібридів забезпечили виняткову продуктивність культури [58].

Починаючи з 2022 року, обсяги виробництва зменшилися внаслідок повномасштабної війни. Зокрема, площі посівів скоротилися до 4,6 млн га, що стало найнижчим показником десятиріччя. Валовий збір не перевищував 11,1 млн тонн, хоча середня урожайність залишилася на відносно високому рівні – близько 2,4 т/га. Це свідчило про збереження базових елементів технологічного супроводу у відносно безпечних регіонах [74].

У 2023 році спостерігалось поступове відновлення галузі. Посівні площі зросли до 5,2 млн га, а валовий збір – до 12,2 млн тонн. Урожайність залишалася стабільною, хоча дещо зменшилася порівняно з 2021 роком через менш сприятливі погодні умови.

У 2024 році ситуація продовжила стабілізуватися. Площі під культурою сягнули майже 5,8 млн га, однак середня врожайність знизилась до 2,24 т/га через нерівномірні опади під час критичних фаз розвитку рослин, особливо в південних регіонах [87].

За підсумками 2025 року виробництво соняшнику в Україні суттєво знизилось порівняно з попередніми періодами. Фактичний валовий збір насіння соняшнику у 2025/26 маркетинговому році оцінювався в межах 10,5–11,4 млн

тонн, що стало одним із найнижчих показників за останнє десятиліття та суттєво поступало піковим значенням 2018–2021 років, коли врожай перевищував 16 млн тонн. Посівні площі культури становили близько 5,2–5,5 млн га. Середня врожайність за підсумками сезону перебувала в межах 1,7–1,9 т/га, що є нижчим показником порівняно з середніми багаторічними значеннями. Зниження продуктивності зумовлено насамперед посушливими погодними умовами, нерівномірним розподілом опадів протягом вегетаційного періоду, високими температурами в критичні фази росту й розвитку рослин, а також обмеженнями у ресурсному забезпеченні окремих господарств [61–64]. Фактичні результати 2025 року підтверджують підвищену вразливість соняшнику до кліматичних коливань та актуальність удосконалення адаптивних технологій вирощування культури в умовах нестійкого та недостатнього зволоження [14,15].

Основним стримувальним чинником була окупація частини територій, логістичні труднощі та дефіцит ресурсів для проведення повноцінних польових робіт у деяких областях [15].

Сучасний стан розвитку науки у світі обумовлює дуже швидке оновлення будь-якої продукції протягом 6–10 років. Так, у розвинених країнах Європи гібриди соняшнику використовують не більше ніж упродовж восьми років, потім впроваджують у виробництво нові, стійкіші до шкідників, хвороб та несприятливих погодних умов. А в Україні одні й ті ж гібриди вирощують протягом 20 років. Як свідчить європейський досвід, впровадження у виробництво нових гібридів цієї культури обумовлює підвищення ефективності сільського господарства [16].

В Україні, зокрема в її степовій зоні, як у минулому, так і нині, у практиці рослинництва та землеробства ще зберігаються технології, що мають деструктивний вплив на ґрунтове середовище та екологічну рівновагу [137,139]. Надмірна інтенсифікація агровиробництва, здійснена без урахування екологічних обмежень, призвела до негативних змін у ключових компонентах екосфери – погіршення структури ґрунтів, зниження рівня їх родючості, порушення водного балансу, теплового та світлового режимів [138].

За даними досліджень Інституту ґрунтознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського НААН України, найбільш критичний стан спостерігається у східних областях країни – Дніпропетровській, Запорізькій, Донецькій та Харківській, де процеси деградації ґрунтів і зниження екологічної стійкості агроландшафтів мають системний характер [140].

Незважаючи на значний потенціал культури соняшника та його визначальну роль у структурі олійного виробництва, галузь у 2021–2025 роках функціонувала в умовах надзвичайних викликів, які суттєво ускладнювали реалізацію біологічного потенціалу гібридів і стримували стабільний розвиток виробництва [16].

Період 2022–2025 років характеризувався безпрецедентним зростанням вартості основних елементів агротехнологій: мінеральних добрив, ЗЗР, посівного матеріалу, пального. Внаслідок цього частина агровиробників змушена була знижувати норми внесення добрив або відмовлятися від ґрунтового та позакореневого підживлення. Це сприяло погіршенню агрофізичних і агрохімічних властивостей ґрунтів, зниженню енергії росту рослин, зменшенню наповненості кошиків і вмісту олії [17].

Повномасштабна збройна агресія Російської Федерації проти України стала домінантним чинником, який вплинув на усі ланки аграрного виробництва, включаючи сектор вирощування соняшника. Протягом 2022–2023 років десятки тисяч гектарів були втрачені через тимчасову окупацію, бойові дії та мінування. Порушення логістичних маршрутів, руйнування інфраструктури елеваторів і переробних підприємств призвели до подорожчання транспортування, зниження маржинальності та обмеження доступу до експортних ринків [18].

Суттєвий вплив на продуктивність соняшника мали й агрокліматичні чинники. В останні роки відзначається підвищення середньорічної температури повітря, частіші посухи у вегетаційний період, надмірні опади у фазі сівби або збирання, а також аномально високі температури під час цвітіння [93]. Ці погодні ризики не лише порушували фенологічну структуру розвитку рослин, а й

призводили до зниження польової схожості, нерівномірного дозрівання насіння, а також значних втрат урожаю на етапі збирання [21].

Поширення резистентних форм вовчка (*Orobanche cumana*), альтернаріозу, фомозу, білої гнилі та бактеріозів створює серйозні загрози для продуктивності гібридів соняшника, особливо в умовах підвищеної вологості. Через високу селективність рас вовчка традиційні гербіциди поступово втрачають ефективність. У багатьох господарствах фіксується зростання втрат урожаю через несвочасне або неефективне хімічне втручання [22].

Однією з актуальних проблем у технології вирощування соняшника в останні роки є недостатнє або нерівномірне запилення квіток, що безпосередньо впливає на повноцінність формування врожаю. Ця проблема набула загострення в умовах зміни клімату, деградації екосистем та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва [23]. Соняшник, особливо сучасні гібриди з частковою або повною стерильністю пилку, має підвищену потребу у залученні ентомофільних запилювачів, насамперед медоносної бджоли (*Apis mellifera*). Успішне запліднення трубчастих квіток кошика забезпечує формування повноцінного насіння, а відтак – масу 1000 насінин, вихід олії, фракційний склад і загальну врожайність культури [24].

Упродовж останнього десятиріччя в Україні фіксується тенденція до скорочення чисельності бджолиних родин у сільськогосподарських угіддях. Основними причинами є безконтрольне застосування інсектицидів, порушення строків та способів обробки посівів під час цвітіння культури, відсутність належного діалогу між агровиробниками та пасічниками, а також економічна не вигідність утримання пасік у багатьох регіонах [25, 26].

Крім того, зміни в погодних умовах, зокрема підвищення середньодобових температур, різкі коливання вологості та посушливі періоди негативно впливають на тривалість і активність вильоту бджіл, зменшуючи ефективність запилення в критичні фази [27].

Недостатнє запилення спричиняє формування порожніх ділянок у кошику, зменшення кількості насінин, зниження їхньої маси, погіршення заповнення

центральної частини суцвіття. Зниження рівня запилення позначається не лише на кількісних показниках, а й на якості насіння – підвищується частка лушпиння, зменшується олійність, погіршуються показники очищення під час післязбиральної доробки [23, 28]. Особливо критичною ця проблема є в гібридах з низькою самоzapлідною здатністю, які мають високу потребу в ентомофільному запиленні [29].

Водночас, сучасні технології вирощування соняшника рідко враховують потребу в підтримці або стимулюванні популяцій запилювачів. У більшості господарств відсутні спеціальні заходи з регуляції чисельності бджіл, створення буферних зон для пасік або біоценозів, що приваблюють запилювачів [26, 30]. Наявні селекційні підходи здебільшого орієнтовані на продуктивність, стійкість до вовчка й гербіцидів, однак питання привабливості суцвіть для бджіл (нектароносність, аромат, форма кошика) залишається поза увагою [31].

Проблема запилення квіток соняшника є багатофакторною і потребує комплексного наукового підходу. Актуальними є дослідження щодо морфологічних і фізіологічних характеристик гібридів, які забезпечують вищу привабливість для запилювачів, аналіз поведінки бджіл у різних агроценозах, вивчення впливу погодних і агрохімічних факторів на активність комах [27, 29, 31]. Не менш важливими є соціально-організаційні аспекти – розвиток бджільництва, впровадження правил добросусідства між агровиробниками й пасічниками, створення умов для безпечного співіснування запилювачів із технологіями сучасного землеробства [30, 33].

Отже, ефективне запилення квіток соняшника є критичним чинником реалізації продуктивного потенціалу культури, збереження її якості й стабільності врожаю. Ігнорування цієї складової агротехнології в умовах сучасних викликів призводить до недобору врожаю, втрат економічної ефективності та зниження конкурентоспроможності українського соняшнику на світовому ринку [23, 32].

При середній урожайності 2,2–2,6 т/га соняшник виносить із ґрунту близько 60–80 кг азоту, 25–35 кг фосфору, 70–90 кг калію та до 0,3 кг бору на

кожен гектар [34]. За відсутності збалансованого удобрення та органічної компенсації цей процес призводить до поступового виснаження ґрунтового родючого потенціалу. У сучасних системах удобрення соняшнику все більшого значення набуває використання мікроелементів, серед яких бор посідає провідне місце завдяки своїй участі у формуванні генеративних органів, регуляції транспорту вуглеводів та синтезі структурних компонентів клітинної стінки. За даними численних досліджень, бор критично необхідний для нормального розвитку пилку, проростання пилкової трубки, диференціації меристем та формування кошика. Нестача бору, яка найчастіше спостерігається на легких піщаних та супіщаних ґрунтах, призводить до скручування молодого листя, розвитку некрозів, відмирання точок росту та пустозерності кошика, що зумовлює істотне зниження урожайності культури (рис.1.1).



Рис.1.1 Ознаки дефіциту бору на соняшнику

Брак бору, який є малорухомим у ґрунті, найчастіше виникає на легких піщаних і супіщаних ґрунтах, а також у посушливих умовах. Бор є одним із найважливіших мікроелементів у живленні соняшника, оскільки бере участь у процесах запилення, формуванні пилку, рості трубки пилку та розвитку сім'янки, а також впливає на синтез вуглеводів і транспорт цукрів до насіння, що прямо

корелює з олійністю врожаю [144]. Бор критично необхідний для нормального формування генеративних органів, пилку та запліднення квіток. Він відіграє ключову роль у транспортуванні цукрів, розвитку точок росту, запобігає пустозерності кошика і сприяє накопиченню олії в насінні [35,36]. Фізіологічна роль бору не обмежується трофічними функціями, оскільки цей елемент залучений до регуляції окисно-відновного гомеостазу, підтримання цілісності мембран і стабільності фотосинтетичного апарату. [36].

Вагомий внесок у дослідження механізмів стресової стійкості рослин зробили Ю. Є. Колупаєв та його наукова школа, які детально вивчали реакції антиоксидантної системи рослин за умов дії абіотичних факторів, зокрема водного та температурного стресу. У їхніх роботах показано, що за дії посухи та інших несприятливих факторів у рослин сояшнику активізуються ферменти антиоксидантного захисту, зокрема супероксиддисмутаза, каталаза та пероксидаза, що сприяє обмеженню інтенсивності перекисного окиснення ліпідів та стабілізації клітинних мембран [161].

Згідно з результатами цих досліджень, ефективність функціонування антиоксидантної системи є одним із ключових механізмів адаптації рослин до посушливих умов, оскільки вона забезпечує підтримання редокс-гомеостазу клітини та збереження структурно-функціональної цілісності хлоропластів. Показано, що в умовах стресу зростає вміст активних форм кисню, які можуть викликати деградацію мембранних структур і фотосинтетичних пігментів. Активація ферментів антиоксидантного захисту дозволяє знижувати рівень окисдативного ушкодження та підтримувати ефективність фотосистеми II [104–106].

Важливу роль у регуляції цих процесів можуть відігравати мікроелементи, зокрема бор, який бере участь у підтриманні структурної стабільності клітинних стінок, транспортуванні вуглеводів та регуляції метаболічних процесів. Результати численних агрономічних досліджень свідчать, що застосування борвмісних добрив у технології вирощування сояшнику сприяє покращенню

формування генеративних органів, підвищенню заповненості кошика та збільшенню врожайності культури [162–164].

Міжнародні роботи свідчать, що бор відіграє ключову роль у нейтралізації активних форм кисню (АФК) та активації ферментів антиоксидантного комплексу. Застосування бору у соняшнику за умов посухи значно підвищує активність супероксиддисмутази, каталази та пероксидази, водночас знижуючи рівень перекисного окиснення ліпідів [134,135,165]. Автори також відзначили підвищення вмісту хлорофілу та стабільність фотоіндукційних параметрів ФСII.

Подібні результати отримані у дослідженнях, де бор у посушливих умовах сприяв підвищенню вмісту відновленого глутатіону (GSH) і зменшував накопичення МДА у листках соняшнику [166]. Було також виявлено, що бор забезпечував вищий відсоток відносного вмісту води (RWC) у листках. На підтвердження регуляторної ролі бору у формуванні репродуктивних органів, було встановлено, що бор впливає на життєздатність пилку, розвиток пилкових трубок і наповнення насіння, а його нестача різко знижує кількість виповнених сім'янок [167]. Аналогічні результати, де бор покращував інтенсивність транспорту фотосинтетатів до кошика, підвищував масу 1000 насінин і збільшував загальний вихід олії, були отримані в Туреччині [168].

У міжнародних дослідженнях особливу увагу приділено впливу бору на фотосистему II (ФСII). За даними Shahrokhi [160,169], бор стабілізує реакційні центри ФСII, що проявляється у зростанні показників Fv/Fm та зменшенні перегріву тилакоїдних мембран.

Окремі зарубіжні автори також відзначають системний вплив бору на сигнальні каскади рослинної клітини. Зокрема, було виявлено, що бор бере участь у регуляції каскадів Ca^{2+} -NO-АФК, що визначають швидкість стресової відповіді [170].

Результати численних вітчизняних і міжнародних досліджень переконливо свідчать, що бор відіграє ключову фізіолого-біохімічну роль у забезпеченні стійкості соняшнику до абіотичних стресів, формуванні репродуктивних органів та оптимізації використання фотосинтетичних ресурсів [147–148]. Застосування

борвмісних добрив підсилює адаптивні можливості культури, сприяє ефективнішому використанню асимілянтів та забезпечує стабільне формування врожаю навіть у несприятливих умовах вирощування. Однак, підвищення ефективності живлення соняшнику, включаючи оптимізацію забезпечення бором та іншими мікроелементами, може бути реалізоване лише за умови належного стану ґрунтового середовища.

На жаль, у багатьох господарствах України спостерігається тенденція до погіршення ґрунтової родючості, а відповідно і важливих елементів, що зумовлено не тільки природними факторами, але й технологічними порушеннями [172–173]. Одним із ключових негативних чинників є короткоротаційні сівозміни, коли соняшник повертається на те саме поле через 2–3 роки, тоді як науково обґрунтована періодичність має становити 6–8 років. Така практика провокує однобічне виснаження ґрунтових ресурсів, накопичення патогенів, розвиток стійких рас збудників хвороб і шкідників, а також не забезпечує достатнього часу для природного відновлення запасів елементів живлення. Ситуацію додатково ускладнює вкрай низька частка органічних добрив у структурі удобрення: у середньому на 1 гектар сільськогосподарських угідь вноситься менше 0,5 т органічної речовини, тоді як агроекологічно обґрунтована норма має перевищувати 8–10 т/га [38]. Результатом таких порушень є деградаційні зміни в структурі ґрунту. Спостерігається зниження вмісту гумусу, зменшення рухомих форм фосфору, калію та бору, погіршення водопроникності, капілярності та аерації орного шару. На чорноземах Степу рівень гумусу у верхньому горизонті за останні 20 років знизився з 4,2% до 3,4%, на півдні – з 3,2% до 2,5% [39].

У зонах півдня та сходу України, які особливо схильні до дегідратації та дефляції, інтенсивне вирощування соняшника без агролісомеліоративних заходів і сівозмінного відпочинку землі призводить до ерозійних процесів – втрати родючого шару сягають 3–5 т/га щорічно. Такі поля втрачають не лише продуктивність, а й економічну доцільність обробітку [40].

Ще одним фактором, який посилює деградаційні процеси, є відсутність системного агрохімічного моніторингу. Лише 25–30% агровиробників щорічно проводять аналізи ґрунтів, а 70% удобрення здійснюється «на око», без урахування балансу надходження і виносу елементів живлення [41].

Отже, деградація ґрунтів при вирощуванні соняшника – це не лише екологічна, але й агроекономічна проблема. Зниження родючості призводить до падіння урожайності, зменшення олійності, порушення фізіологічної повноцінності насіння та підвищення собівартості продукції. Запровадження комплексного підходу до відновлення родючості через сівозміну, агрохімічний контроль, органічне удобрення і мікроелементне підживлення, насамперед бором, є необхідною умовою для сталого виробництва соняшника в Україні [39,40].

Окрім суто агротехнічних і природно-кліматичних факторів, ефективність вирощування соняшника в Україні істотно залежить від інституційного середовища та якості державної аграрної політики. Упродовж 2021–2025 років галузь функціонувала в умовах постійних змін нормативного регулювання, слабкої координації між аграрними структурами, відсутності довгострокових програм підтримки і системного підходу до формування агрополітики. Все це створює середовище високої невизначеності, що стримує інвестиційну активність, модернізацію аграрного виробництва та перехід до екологічно сталих технологій.

Однією з найбільш відчутних проблем є недостатня участь держави у страхуванні аграрного виробництва. Попри високі ризики, пов'язані з війною, змінами клімату, посухами, градобоями та іншими стихійними лихами, система агрострахування в Україні залишається фрагментарною, недоступною для більшості середніх і малих виробників, а механізми компенсацій у разі втрати врожаю або руйнування інфраструктури не діють належним чином [42, 43].

Фінансова підтримка агросектору також має обмежений характер. Існуючі державні програми компенсації (наприклад, часткове здешевлення техніки, кредитів чи страхування) реалізуються за залишковим принципом, мають вузьке

спрямування, часто недоступні в умовах війни або вимагають надмірного документального супроводу. Це особливо критично для технологічного оновлення галузі соняшнику, яка потребує регулярного поновлення сівозмін, точного землеробства, сучасних систем захисту, високовартісного насіння тощо [44].

Крім того, в законодавстві відсутні ефективні механізми підтримки біозахисту та сталих практик вирощування олійних культур. Незважаючи на потребу зниження пестицидного навантаження та стимулювання природоорієнтованих підходів (наприклад, інтегрованого захисту, сидерації, агролісомеліорації), держава не пропонує фіскальних або інвестиційних стимулів для господарств, які впроваджують екологічно безпечні технології. Це посилює залежність виробництва від хімічних засобів захисту і створює ризики для екосистем, ґрунтів і запилювачів [45, 46].

Особливо гостро відчувається відсутність системи компенсацій за втрати, спричинені воєнними діями. Тисячі гектарів посівів соняшника було знищено або пошкоджено внаслідок обстрілів, мінування, окупації, проте агровиробники не отримали належної фінансової підтримки, а механізми державного відшкодування у багатьох випадках виявилися формальними або надто повільними. Це знижує довіру до держави як до гаранта аграрного відновлення та стримує повернення інвестицій у галузь [47, 48].

Окремою проблемою є нестабільність фіскального навантаження: часті зміни в податковому законодавстві, непередбачуване регулювання ПДВ для олійних культур, неоднозначність земельного оподаткування створюють додаткову адміністративну і фінансову напругу для сільгоспвиробників. Особливо це стосується дрібних фермерів і кооперативів, які не мають достатньої юридичної підтримки та не можуть конкурувати з великими агрохолдингами [49].

Наслідком зазначених інституційних недоліків є низька привабливість агросектору для іноземних інвесторів, затримка з упровадженням інновацій, а також зниження загальної конкурентоспроможності українського соняшника на міжнародному ринку.

1.2.1. Гібридний склад

Гібридний склад є фундаментальним елементом сучасного виробництва соняшника, що визначає не лише рівень урожайності, а й технологічну ефективність, адаптивність культури до стресових умов, стійкість до патогенів і виживаність до гербіцидів. В Україні гібридизація соняшника повністю витіснила сортові форми, і станом на 2024 рік понад 98 % площ займають гібриди першого покоління. У державному Реєстрі сортів рослин налічується понад 700 гібридів, однак у реальному виробництві використовується близько 50–60 комерційно значущих позицій [51].

Ринок насіння соняшника в Україні структурований навколо продукції провідних європейських і американських компаній. За даними УКАБ (2024), основні частки ринку розподіляються таким чином: Syngenta – близько 30 %, Limagrain – 18 %, Corteva (Pioneer) – 15 %, Euralis – 10 %, KWS – до 10 %, інші компанії – близько 17 %. Основу портфелю становлять гібриди, адаптовані до систем Clearfield®, Clearfield® Plus, ExpressSun®, а також новітніх SU-платформ. Домінування Clearfield–технологій пояснюється поширенням стійких рас вовчка (*Orobancha cumana*) та необхідністю гербіцидного контролю бур'янів у посушливих зонах [50].

У процесі вибору гібриду агровиробники враховують низку ключових критеріїв. Насамперед ідеться про сумісність із певною системою гербіцидного захисту, яка визначає можливості контролю над бур'янами. Найбільш поширеними в Україні є гібриди, придатні до систем Clearfield®, Clearfield® Plus (імазамокс) або ExpressSun® (трибенурон-метил). Обрана система впливає не лише на спектр бур'янів, що підлягають знищенню, а й на технологічну гнучкість господарства та агрохімічне навантаження на ґрунт.

Другим критичним чинником є вегетаційний період, що визначає придатність гібриду до конкретних кліматичних зон та строків сівби. У південних регіонах України аграрії віддають перевагу гібридам із скороченим періодом вегетації (90–105 діб), які здатні уникати критичних фаз літньої посухи,

тоді як у Лісостепу та на Поліссі застосовуються гібриди з повним циклом розвитку (110–120 діб), що краще реалізують генетичний потенціал у сприятливі роки.

Третім чинником, що дедалі більше визначає вибір гібридів, є стійкість до вовчка соняшникового (*Orobanche cumana*). Через активну еволюцію цього паразита (розвиток рас F, G, H) більшість господарств переходять на гібриди з багатогенетичною стійкістю, включаючи найновіші расостійкі лінії, здатні забезпечити повну блокаду проростання вовчка навіть у сильно заражених регіонах. Гібриди без генетичного захисту або без сумісності з гербіцидною системою наразі практично не застосовуються в зоні Степу.

Не менш важливим фактором є посухостійкість гібриду, зокрема його здатність формувати повноцінну урожайність за обмеженого вологозабезпечення в критичні фази – бутонізації, цвітіння та наливу насіння. Цей показник набуває особливої ваги в умовах зміни клімату, коли зростає кількість років з дефіцитом опадів та високими температурами повітря впродовж вегетації.

Суттєве значення має також стійкість гібриду до основних хвороб – насамперед фомозу (*Phoma macdonaldii*), склеротиніозу (*Sclerotinia sclerotiorum*) та альтернаріозу (*Alternaria* spp.), які спричиняють суттєві втрати врожаю та знижують якість насіння. Сучасні гібриди повинні мати як мінімум середній або високий рівень толерантності до цих збудників, що підтверджено польовими спостереженнями та офіційними випробуваннями [202].

Окрему групу чинників становлять економічні параметри, серед яких головне місце посідає доцільність інвестування у придбання насіння. Висока якість насіння, його сертифіковане походження, висока схожість і енергія проростання повинні відповідати вартості продукту. В умовах зростання собівартості агровиробництва, особливо на фоні воєнних ризиків, логістичних обмежень та нестабільного курсу валют, питання ефективності витрат на гібридну основу культури є стратегічно важливим для рентабельності господарств.

Обґрунтований вибір гібриду соняшника базується на багатофакторному підході, який враховує не лише потенціал урожайності, а й стійкість до абіотичних та біотичних чинників, технологічну сумісність з гербіцидами, адаптацію до конкретної агрокліматичної зони та економічну ефективність використання насіння. Такий підхід дозволяє забезпечити не лише максимальну реалізацію генетичного потенціалу культури, а й стабільність агровиробництва в умовах невизначеності та ризиків [58–60] .

1.2.2. Норми висіву

Оптимальна норма висіву є одним із ключових елементів технології вирощування соняшника, оскільки безпосередньо впливає на просторову структуру посіву, ефективність використання ґрунтових ресурсів, фотосинтетичну активність та кінцеву продуктивність культури. З агрономічної точки зору, оптимальною вважається така густота рослин, яка забезпечує формування максимально можливого врожаю насіння при високій його якості та мінімальних витратах матеріально-технічних і трудових ресурсів [62].

Норма висіву не є статичною величиною, а повинна уточнюватися з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов, рівня агрофону, інтенсивності удобрення, ширини міжрядь та особливостей агротехніки. Сучасні гібриди, завдяки підвищеній адаптивності, мають ширші межі допустимої густоти, однак найвищу ефективність демонструють лише за дотримання рекомендованих параметрів для кожної технологічної зони [68].

Роль норми висіву особливо актуалізується за вирощування гібридів різних груп стиглості та з різним жирнокислотним складом олії (традиційні, лінолеві, олеїнові). Густота рослин безпосередньо впливає на морфогенез, розвиток кореневої системи, активність вегетативного росту, інтенсивність випаровування вологи та конкурентоспроможність рослин у фітоценозі [63].

Згідно з численними дослідженнями, за надмірного загущення посіву знижується інтенсивність фотосинтезу через затінення листової поверхні,

погіршуються умови аерації, відбувається перерозподіл пластичних речовин у бік вегетативних органів, що в результаті знижує рівень накопичення сухої речовини у генеративних структурах. Крім того, ущільнений стеблостій провокує видовження стебла, зменшення діаметра кошика, підвищену ламкість та вилягання рослин, що ускладнює збирання і призводить до втрат урожаю [64].

З іншого боку, надмірно розріджені посіви недостатньо ефективно використовують ґрунтову вологу та елементи живлення, мають знижену щільність листкової поверхні на одиницю площі, що призводить до втрати фотосинтетичного потенціалу посіву. Отже, вибір норми висіву має ґрунтуватися на зональних особливостях, типові гібриду, способі живлення, термінах сівби, рівні зволоження ґрунту та агрофоні поля [65].

У зоні Степу України, згідно з результатами багаторічних досліджень, оптимальною вважається норма висіву 55–60 тис. схожих насінин/га для середньоранніх гібридів та до 70–80 тис. нас./га для ранньостиглих гібридів інтенсивного типу. Водночас у посушливих умовах Степу рекомендовано знижувати густоту до 35–45 тис. нас./га для гібридів з потужною кореневою системою, що дозволяє уникнути внутрішньої конкуренції за вологу та поживні речовини в критичні періоди онтогенезу [65–66].

Дослідження свідчать, що у межах від 40 до 60 тис. рослин/га урожайність змінюється незначно, однак при збільшенні густоти понад 70–75 тис. рослин/га спостерігається чітка тенденція до зниження маси 1000 насінин, кількості насіння у кошику та олійності, попри можливе зростання валового врожаю насіння. При цьому, оптимальний збір олії, як показують польові досліді, найчастіше фіксується за густоти 50–55 тис. рослин/га [67].

Особливої уваги потребує питання норм висіву для лінолевих гібридів, які мають дещо іншу динаміку накопичення олії в насінні, більш тривалий вегетаційний період та вищу потребу у теплі. Для таких гібридів рекомендується знижена норма висіву (40–50 тис. рослин/га), що дозволяє рослинам формувати повноцінне насіння з підвищеним вмістом мононенасичених жирних кислот [66–67].

1.2.3. Технології захисту посівів від бур'янів

Сучасне агровиробництво переживає інтенсивний етап трансформації, який охоплює не лише зміну технологій вирощування, а й фундаментальну переоцінку підходів до захисту рослин. Особливої актуальності це питання набуває у виробництві соняшнику, який є стратегічною олійною культурою для України. В умовах змін клімату, зменшення ефективності традиційних агротехнічних прийомів і зростання стійкості бур'янів, найбільш ефективними виявилися високотехнологічні системи вирощування з використанням гербіцидостійких гібридів [69].

Дві найпоширеніші системи гербіцидного контролю у посівах соняшнику – Clearfield® та ExpressSun® – базуються на генетично закладеній стійкості гібридів до певних діючих речовин. Система Clearfield® передбачає використання гербіцидів на основі імідазолінонів, таких як імазамокс (гербіциди Євролайтнінг®, Пульсар®, Генезис), які здатні контролювати понад 80 видів бур'янів, включаючи *Orobanche cumana* – одного з найбільш небезпечних паразитів у посушливих регіонах України. Імазамокс вноситься у фазі 2–8 листків культури, не завдаючи шкоди толерантним до цього гербіциду гібридам, але за умови дотримання регламенту внесення [70–71].

Попри ефективність, система Clearfield® має суттєве обмеження: згідно з даними польових досліджень, гербіциди цієї групи зберігають фітотоксичність у ґрунті до 24 місяців, що обмежує можливості сівоzmіни. Це особливо критично в умовах інтенсивного землеробства, де важливе значення має максимальне використання площі та швидка ротація культур [71].

Альтернативною технологією є система ExpressSun®, яка базується на застосуванні трибенурон-метилу – гербіциду з групи сульфонілсечовин (наприклад, Гранстар®, Експрес®, Голдстар). Ця система дозволяє контролювати широкий спектр дводольних бур'янів, включаючи осот рожевий (*Cirsium arvense*), гірчаки, ромашку, *Ambrosia artemisiifolia* тощо. Активна

речовина гербіциду менш агресивна до культури порівняно з імідазоліноновими гербіцидами і не має обмежень щодо наступних культур у сівозміні [74].

Гібриди соняшнику, стійкі до трибенурон-метилу, були створені шляхом традиційної селекції. У Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів України зареєстровано понад 10 торговельних назв препаратів на основі трибенурону, дозволених для використання саме на таких гібридах. Проте вже у 2009 році у Франції зафіксовано випадки стійкості амброзії полинолистої до трибенурон-метилу. Це сигналізує про необхідність дотримання принципів обґрунтованого використання гербіцидів та ротації діючих речовин з різними механізмами дії [72].

У посушливих регіонах України ефективність ґрунтових гербіцидів (ацетохлор, прометрин) часто знижується через відсутність вологи у посівному шарі, необхідної для активації гербіциду. У таких умовах аграрії дедалі частіше комбінують ґрунтові гербіциди з післясходовими системами Clearfield® або ExpressSun®. Поєднання хімічних методів захисту із агротехнічними прийомами, такими як стерньовий обробіток, точна сівба, оптимальна густота рослин, дозволяє ефективно конкурувати з бур'янами на ранніх етапах розвитку культури [69,73].

Особливу загрозу для наступних культур у сівозміні становить падалиця гербіцидостійкого соняшнику. Однак дослідження підтверджують, що дикорослі форми, стійкі до імідазолінонів, залишаються чутливими до сульфонілсечовин (наприклад, хлорсульфурон), що дозволяє їх ефективно контролювати у посівах інших культур [74–75].

Разом із цими системами в агротехнологію вводиться гербіцид нового покоління – галауксифен-метил (арилпіколінати, Arylex™ active), що є основою гербіцидів, як-от Геліантекс. Цей післясходовий системний гербіцид рекомендований для застосування у фазі V4–V10 соняшнику, забезпечує швидкий контроль дводольних бур'янів, таких як амброзія полинолиста, лобода біла та інші [76–77]. Переваги Arylex™ полягають у швидкому розкладанні в

грунті, низькому ризику резистентності та сумісності з іншими гербіцидами, що забезпечує його адаптивність до різних систем захисту [78–79].

Галауксифен-метил належить до нового класу ауксиноподібних гербіцидів (HRAC група O), що порушують ріст бур'янів на клітинному рівні. Його використання особливо доцільне при розвитку резистентності бур'янів до ALS-інгібіторів (трибенуруну, імазамоксу) [80].

Використання гербіцидостійких гібридів має бути поєднане з агрономічно обґрунтованим чергуванням культур, моніторингом фітосанітарного стану, застосуванням агротехнічних прийомів та ротацією діючих речовин. Такий комплексний підхід не лише підвищує врожайність культури, а й сприяє збереженню родючості ґрунтів, екологічній стабільності агроландшафтів та продовженню ефективного терміну використання гербіцидних систем [81].

1.2.4. Проблеми запилення квіток соняшника

Запилення квіток є критичним біологічним процесом, який безпосередньо впливає на формування повноцінного врожаю соняшника. Незважаючи на те, що соняшник є культурою з переважно самозапильними властивостями, сучасні високопродуктивні гібриди значною мірою залежать від участі ентомофільних запилювачів – насамперед медоносної бджоли (*Apis mellifera*) – для забезпечення максимальної ефективності запилення трубчастих квіток у кошику та формування насіння з високою масою 1000 штук, олійністю та однорідністю.

Упродовж останнього десятиліття в Україні дедалі чіткіше проявляється проблема зниження ефективності природного запилення соняшника, що обумовлено сукупністю екологічних, агротехнічних і соціально-економічних чинників. Однією з ключових причин є зменшення чисельності бджолиних родин, зокрема в сільськогосподарських регіонах. За даними Українського наукового інституту бджільництва ім. П. І. Прокоповича, кількість активних пасік скоротилася в ряді областей на 20–40 % у порівнянні з 2010-ми роками, що

значно знизило обсяг запилення медоносними комахами посівів ентомофільних культур, включаючи соняшник [82].

Серйозну загрозу становить неконтрольоване використання пестицидів під час цвітіння соняшника, зокрема інсектицидів із неонікотиноїдної групи та синтетичних піретроїдів. Нерідко обробки проводяться з порушенням регламенту, без завчасного попередження пасічників, що призводить до масової загибелі бджіл у період найактивнішого вильоту [83].

Крім того, кліматичні зміни сприяють погіршенню умов активного вильоту запилювачів: підвищення середньодобових температур, надмірна сухість повітря, зниження вмісту нектару у квітках, коливання вологості в критичні фази цвітіння – усе це знижує привабливість рослин для бджіл та зменшує ефективність запилення. Нерівномірне розкриття трубчастих квіток в умовах температурного стресу ще більше ускладнює цей процес [84].

Особливо актуальною є проблема запилення сучасних гібридів з частковою або повною стерильністю пилку, у яких утворення насіння практично повністю залежить від перехресного запилення. За відсутності достатньої кількості бджіл формуються «порожні кошики», або зони безнасінного заповнення, що знижує товарність продукції, вихід олії та загальний урожай [85].

Окрему складність становить відсутність регулювання взаємодії між агровиробниками та пасічниками, особливо в умовах концентрації великих масивів соняшника без буферних зон або чергування з медоносними культурами. Нерідко бджоли не мають достатнього різноманіття кормової бази, що сприяє зниженню імунітету та скороченню тривалості життя робочих особин.

Однією з малодосліджених, проте важливих складових проблеми запилення соняшника є негативний вплив гербіцидних технологій на ентомофауну – насамперед бджіл (*Apis mellifera*), які виступають головними запилювачами культури. У сучасному виробництві переважно застосовуються гербіциди системної дії, зокрема в рамках технологій Clearfield®, Clearfield® Plus та ExpressSun®, що передбачають внесення діючих речовин з груп імідазолінонів (імазамокс, імазапир) і сульфонілсечовин (трибенурон-метил).

Хоча ці гербіциди не є інсектицидами, дослідження вказують на їх потенціальний вплив на бджіл, що проявляється не лише в прямій токсичності, а й у пригніченні імунної системи, порушенні орієнтації, скороченні тривалості життя робочих особин та зниженні інтенсивності вильоту під час цвітіння культури [88, 89]. У польових умовах зафіксовано, що навіть залишкові дози гербіцидів у квітковому пилку або нектарі здатні викликати підгостре отруєння, яке не веде до миттєвої загибелі, але знижує ефективність запилення.

Особливу стурбованість викликає накопичення залишків гербіцидів у тканинах рослин, у т.ч. у квіткових елементах, що споживаються бджолами. Як зазначено у дослідженнях Європейського агентства EFSA, гербіциди на основі імазамоксу мають слабку, але статистично достовірну дію на активність бджіл у період обробки, особливо у випадку високих температур, коли випаровування діючої речовини інтенсифікується [90].

Крім того, існує ризик непрямого впливу гербіцидів на кормову базу бджіл. Системні гербіциди знищують бур'яни, що є медоносами (гірчиця, редька дика, кропива, фацелія тощо), збіднюючи нектарне середовище навколо основної культури, особливо на фоні суцільного землекористування. За умов відсутності додаткових медоносних зон бджоли вимушені здійснювати дальні перельоти або не виконують ефективне запилення.

Також в останні роки у зв'язку з розвитком технологій бакових сумішей гербіцидів із мікродобривами, фунгіцидами та стимуляторами спостерігається зростання хімічного навантаження на квітки в період цвітіння, що є особливо небезпечним за несвоєчасного або нічного внесення пестицидів без відома бджолярів [89, 91].

З урахуванням тенденцій розвитку агрохімії, необхідним є запровадження екотоксикологічного моніторингу дії гербіцидів не лише на бур'яни, а й на нецільові організми – зокрема запилювачів. В умовах України, де великі площі соняшника розміщуються в монокультурах, ця проблема набуває екосистемного масштабу.

Крім того, сучасні селекційні програми, зосереджені на стійкості до вовчка, гербіцидній толерантності та продуктивності, часто нехтують характеристиками, пов'язаними з привабливістю суцвіть для запилювачів: нектаропродуктивністю, ароматом, тривалістю цвітіння. Це обмежує потенціал залучення комах, навіть за їх достатньої чисельності [86].

Зниження рівня запилення має прямі наслідки – зменшення кількості насінин у кошику, зниження маси 1000 насінин, підвищення відсотка лушпинності, зниження олійності та зростання витрат на післязбиральну доробку. За даними експериментальних досліджень, недостатнє запилення може знижувати урожайність соняшника на 12–25 %, залежно від гібриду та екологічної зони [83, 87].

Проблема запилення квіток соняшника в Україні має системний характер і потребує комплексного вирішення. Доцільно розробляти агротехнології з урахуванням потреб запилювачів: залишення некультивованих ділянок з медоносними культурами, координація строків хіміобробок із пасічниками, селекція гібридів із підвищеною привабливістю для бджіл, а також розвиток національної політики підтримки бджільництва як стратегічного чинника екосистемного землеробства.

Наслідки дефіциту запилення в соняшнику мають не лише агробіологічну, а й виразну економічну природу. За оцінками Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, середні втрати врожаю при нестачі бджолиного запилення становлять 300–700 кг/га, що при середній ціні 12 000 грн/т насіння призводить до втрат від 3600 грн/га до 8400 грн/га залежно від зони вирощування та гібриду [87]. При запиленні лише за рахунок самозапилення врожайність гібридів з частковою стерильністю пилку може знижуватися до 25–30 %, а якість насіння критично знижуватися як за масою 1000 насінин так і за відсотком олійності [85, 87].

В умовах сучасного ринку ці втрати трансформуються в загальнонаціональні збитки, адже соняшник – стратегічна експортна культура. Так, при середній площі посіву в 5 млн. га навіть 5 % недобору через погане

запилення означають втрати понад 250 тис. тонн насіння, або близько 100 тис. тонн олії, що еквівалентно десяткам мільйонів доларів недоотриманого валютного виторгу.

З огляду на масштаб і системність проблеми, вирішення завдання підвищення ефективності запилення соняшника має базуватися на кількох взаємодоповнюючих рівнях:

Агротехнічні заходи: залишення ділянок із нектароносними рослинами (фацелія, гречка, люцерна) по краях великих соняшникових полів сприяє залученню бджіл і підвищенню біорізноманіття в агроценозі. Такі заходи реалізовано у Франції та Румунії, де діють державні програми підтримки екосистемного запилення [84].

Додатково до зазначених заходів, важливим напрямом є впровадження систем моніторингу активності запилювачів (польові обліки, цифрові сенсори, моделі прогнозу льоту бджіл), що дозволить оперативно оцінювати рівень ентомофільного навантаження та коригувати агротехнічні рішення в період цвітіння.

Своєчасна координація з пасічниками: створення локальних угод про співпрацю між агропідприємствами й власниками пасік дозволяє координувати строки обробки пестицидами, уникати масової загибелі бджіл і стимулювати розвиток запилювального сервісу.

Вибір гібридів із підвищеною привабливістю для запилювачів: нові селекційні лінії повинні включати критерії нектаропродуктивності, тривалості цвітіння, аромату й геометрії кошика, що сприятиме активнішому відвідуванню квіток бджолами [86].

Розвиток сервісного запилення: у багатьох країнах запилення сільськогосподарських культур стало комерційною послугою, яка включена в бізнес-моделі агрохолдингів. В Україні ця практика лише формується, однак має великий потенціал з урахуванням агроландшафтної мозаїки.

Інституційні заходи: нормативне закріплення «правил добросусідства» між аграріями та бджолярами, впровадження сертифікатів на екологічно

безпечне вирощування ентомофільних культур, підтримка бджільництва в межах державних програм розвитку сільських територій.

1.2.5. Якість насіння

Якість насіння соняшника є комплексною характеристикою, що визначає біологічну, фізіологічну, технологічну та товарну придатність продукції до використання в переробці, посіві або зберіганні. Основними показниками якості є маса 1000 насінин, вміст олії, вологість, вміст лушпиння, засміченість [92].

Згідно з національними стандартами, насіння соняшника повинно відповідати вимогам ДСТУ 7011:2009 «Соняшник. Технічні умови» [194]. Визначальними параметрами якості вважаються:

- а) натура – не менше 0,38–0,45 кг/л;
- б) вологість – не вище 8% для зберігання і 7% для експортних партій;
- в) олійність – не менше 42% для традиційних гібридів та понад 48% – для високоолеїнових.

Олійність є одним із найважливіших показників товарної якості, оскільки безпосередньо впливає на вихід готової продукції під час переробки. За останнє десятиріччя в Україні простежується позитивна тенденція до підвищення вмісту олії в насінні соняшника, що обумовлено впровадженням високопродуктивних гібридів, удосконаленням агротехніки та контролем за строками збирання [94]. Наприклад, гібриди компаній Syngenta, KWS, Limagrain демонструють середню олійність 48–52%, а високоолеїнові гібриди – до 55% і вище, що відповідає критеріям ДСТУ 4683:2006 «Насіння олійних культур. Методи визначення олійності» [95].

Вологість понад нормативні показники призводить до самозігрівання насіннєвої маси, активізації мікрофлори та зростання кислотного числа олії, що знижує товарну якість. Під час зберігання необхідно забезпечувати стабільні температурно-вологісні режими, аерацію та періодичний лабораторний контроль показників безпечності. У зоні Степу за посушливих умов часто фіксується

зниження олійності на 2–4% і підвищення частки лушпиння, що негативно впливає на ефективність переробки. Запізнення зі збиранням спричиняє підвищення вологості, механічні втрати та погіршення класності партії, що відображається на закупівельній ціні [96].

Важливим показником є також кислотне число олії, яке відображає ступінь гідролізу тригліцеридів і прямо впливає на придатність насіння до тривалого зберігання. Підвищення кислотного числа понад нормативні межі свідчить про початок псування та потребує негайної доробки або переробки партії. Наявність мікотоксинів, зокрема афлатоксинів, є критичним фактором при експорті, оскільки міжнародні ринки встановлюють жорсткі гранично допустимі концентрації. Механічні пошкодження насіння під час збирання та транспортування підвищують інтенсивність дихання і прискорюють процеси самозігрівання. Рівень лушпинності визначає частку непродуктивної маси та впливає на коефіцієнт виходу олії при переробці [97].

Високий вміст домішок ускладнює технологічний процес очищення та зменшує продуктивність переробного обладнання. Збалансоване мінеральне живлення, особливо за азотом і бором, сприяє формуванню повноцінного насіння з високим вмістом олії. Дотримання оптимальних строків десикації дозволяє вирівняти вологість та зменшити втрати під час обмолоту. Систематичний лабораторний моніторинг партій на елеваторах забезпечує своєчасне виявлення відхилень від стандартів [96, 97].

Висновки до розділу 1

1. Соняшник залишається стратегічною олійною культурою України, яка відіграє ключову роль у структурі посівних площ, обсягах валового збору та експортному потенціалі аграрного сектору. Проведений аналіз літературних джерел засвідчив, що біолого-ботанічні особливості культури – зокрема потужна коренева система, геліотропізм, складна морфологія суцвіть і висока нектаропродуктивність формують її винятковий адаптивний потенціал до умов ризикованого землеробства. Утім, реалізація цього потенціалу можлива лише за

умов раціонального технологічного супроводу та відповідного інституційного середовища.

2. Упродовж останніх п'яти років виробництво соняшника в Україні відзначалося значною динамікою: від рекордних урожаїв до суттєвого падіння площ посівів і врожайності внаслідок війни, порушення логістики, зростання вартості ресурсів та зміни кліматичних умов. Незважаючи на складні виклики, галузь демонструвала відносну стійкість, що було забезпечено впровадженням високопродуктивних гібридів, адаптованих до гербіцидних технологій та сучасних систем захисту.

3. Ключовими проблемами виробництва залишаються: деградація ґрунтів, зріджені або загущені посіви, недостатнє внесення макро- та мікроелементів (особливо бору), нерівномірне запилення квіток, негативний вплив новітніх гербіцидів на популяції бджіл-запилювачів, що потребує переосмислення агрохімічної стратегії з урахуванням екосистемної безпеки.

4. Встановлено, що ефективне вирощування соняшника в сучасних умовах вимагає гнучкої адаптації технологій до регіональних особливостей, зокрема у виборі гібридів, норми висіву, системи захисту та підживлення. Досягнення стабільної якості насіння – з високим вмістом олії, відповідною масою 1000 насінин – можливе лише за умови дотримання національних стандартів.

5. Стале виробництво насіння соняшника в Україні потребує системного підходу, що поєднує технологічну інноваційність, біологізацію аграрних практик, державну підтримку та розвиток партнерства з бджільницьким сектором. Подолання виявлених викликів створює основу для підвищення конкурентоспроможності українського соняшника на глобальному ринку та забезпечення продовольчої безпеки країни.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Ґрунтовий покрив полів, де проводилися дослідження, представлений двома типами чорноземів: чорноземами звичайними середньогумусними легкосуглинковими (с. Василівка, Дніпропетровська обл.) та чорноземами типовими потужними середньогумусними важкосуглинковими (с. Нова Іванівка, Харківська обл.). Обидва типи формувалися на лесовидних відкладеннях і мають високу природну родючість та сприятливі фізико-хімічні властивості.

Чорноземи – це один із найродючіших типів ґрунтів, що формувалися протягом тривалого геологічного часу під впливом багаторічної трав'янистої рослинності у зоні лучних та типових степів. Процес ґрунтоутворення, який привів до формування чорноземів, носить назву дернового і передбачає активне надходження органічної речовини в ґрунт із відмерлих залишків трав'яного покриву, з подальшим її гуміфікуванням і накопиченням у верхніх горизонтах [98].

Домінуючою формою гумусових речовин у чорноземах є гумінові кислоти, що утворюють стійкі комплекси з кальцієм, магнієм та іншими катіонами, забезпечуючи високу агрегацію та структурність ґрунту. Саме ці властивості обумовлюють розвиток зернисто-грудкуватої структури, яка переважає в орному та підорному горизонтах, особливо у зоні активного розгалуження кореневих систем трав'янистих рослин [99]. У міру переходу до нижчих горизонтів (наприклад, B1), структура стає більш масивно-грудкуватою, із зниженням пористості та аерації.

Морфологічна будова чорноземів характеризується глибоким гумусовим горизонтом (до 100–140 см), рівномірним профілем без чіткої диференціації на генетичні горизонти, та слабо вираженою елювіацією. Колір гумусового

горизонту варіює від темно-сірого до чорного, залежно від вмісту гумусу, а також вологості ґрунту [98–99].

Завдяки високому вмісту органічної речовини (3,5–6,0% гумусу), чорноземи мають винятково сприятливі водно-фізичні властивості: високу водоутримуючу здатність (до 450–500 мм води у шарі 0–150 см), добру капілярну провідність та відмінну повітропроникність. Це дозволяє підтримувати оптимальний водний режим для сільськогосподарських культур, навіть за умов помірної посухи [100,103].

Фізико-хімічні характеристики чорноземів також забезпечують їхню високу агрономічну цінність. Зокрема, ємність катіонного поглинання (ЄКП) може досягати 30–70 мг-екв/100 г ґрунту, що є ознакою значної буферності та стійкості ґрунтової системи до змін кислотності. У поглиненому комплексі переважають кальцій (Ca^{2+}) і магній (Mg^{2+}), що забезпечує нейтральну або слабколужну реакцію середовища (рН водної витяжки 6,8–7,3), сприятливу для більшості польових культур [101].

Хімічно чорноземи збагачені не лише макроелементами, а й мають високий вміст рухомих форм фосфору (P_2O_5) та калію (K_2O), що часто перевищує середньозабезпечений рівень. Це дозволяє зменшити залежність урожайності культур від внесення мінеральних добрив за умов правильного чергування культур у сівозміні [102].

Накопичення в ґрунті великої кількості стабільного гумусу формує міцну агрегатну структуру, яка зберігається навіть за механічного обробітку та періодичного зволоження/висушування. Це критично важливо для сталого використання чорноземів в інтенсивному землеробстві [103].

Завдяки поєднанню високого вмісту гумусу, сприятливої структурно-агрегатної організації та значної буферності, чорноземи є одним із найбільш стабільних і продуктивних ґрунтів для вирощування соняшнику та інших інтенсивних культур.

Чорноземи звичайні середньогумусні:

Н/к	Гумусовий, темно-сірий, свіжий, легко глинистий; 0–25
0–43 см	см – орний, зернисто грудкуватий; 25–43 см – підорний, карбонатний, зернистий; перехід поступовий.
Нрк	Верхній перехідний, добре гумусований, карбонатний,
44–70 см	темно-сірий з буруватим відтінком, свіжий, важко суглинистий, зернисто-грудкуватий, ущільнений, по червоходам відмічається карбонатне борошно; перехід поступовий.
Phk	Нижній перехідний, слабо і нерівномірно гумусований,
71–114 см	карбонатний, бурувато-сірий, свіжий, важко суглинистий, зерно-грудкуватий, ущільнений, переритий землеріями, ходи яких з карбонатною пліснявою; перехід поступовий.
P(h)k	Лес брудно-бурий, плямистий, важко суглинистий,
115–133 см	сильно переритий землеріями і посипаний карбонатним борошном.
Рк	Лес бурувато-палевий, легкосуглинистий із значною
134–190 см	карбонатною пліснявою.
та більше	

Цей тип ґрунтів характерний для північного Степу й відзначається середньою потужністю гумусового горизонту (60–80 см), вмістом гумусу на рівні 3,5–4,2%, доброю структурністю, помірною щільністю та відносно легкою механічною будовою. Такі ґрунти мають високу вбирну здатність (до 50–60 мг-екв/100 г ґрунту), переважно насичені кальцієм та магнієм. Вони забезпечують оптимальні умови для розвитку кореневої системи соняшника і сприяють ефективному засвоєнню мінерального живлення. Разом з тим, за умов порушення сівозміни, недостатнього надходження органічної речовини та високого антропогенного навантаження навіть ці високородючі ґрунти можуть

зазнавати деградаційних змін, що підкреслює необхідність дотримання науково обґрунтованих принципів їх використання

Профіль чорнозему відзначається слабо вираженою диференціацією за генетичними горизонтами, з м'яким переходом від гумусового горизонту до карбонатного. Зволоження таких ґрунтів є помірним, але достатнім за умов середньої кількості опадів, а буферність і пористість сприяють тривалому утриманню доступної вологи.

На обох дослідних полях у період досліджень у верхньому горизонті спостерігалось середнє забезпечення ґрунту азотом ($N - 160-170$ мг/кг), помірне забезпечення фосфором ($P_2O_5 - 90-110$ мг/кг) та підвищене забезпечення калієм ($K_2O - 100-120$ мг/кг). Це дозволило використовувати адаптовані дози мінерального живлення й досягти репрезентативних результатів оцінки реакції гібридів соняшника на умови живлення [107–108].

У східній частині Степу клімат помірно континентальний. За ґрунтово-кліматичними умовами ця зона є надзвичайно сприятливою для вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур. Середньорічна температура повітря становить $6-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вегетаційного періоду – $14-16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сума ефективних температур за рік становить близько $2700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середня тривалість вегетаційного періоду (час з температурою понад $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) становить приблизно 200 днів; кількість опадів за рік – $350-450$ мм та біля 270 мм за вегетаційний період з температурою повітря більше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому ГТК становить 0,6 [108, 109]. За таких умов вирощування формуються сприятливі передумови для інтенсивного росту соняшнику, проте низький рівень атмосферного зволоження у поєднанні з високими температурами в окремі фази росту й розвитку культури посилює ризики прояву ґрунтової та повітряної посухи.

2.2. Агromетeоролoгiчнi умoви в роки проведення досліджень

За даними метеостанції Дніпровського аеропорту, агromетeоролoгiчнi умoви упродовж вегетаційного періоду соняшнику 2022–2024 рр.

характеризувалися значними відхиленнями як за температурним режимом, так і за рівнем вологозабезпечення. Середньодобові температури в усі роки перевищували багаторічні показники, що свідчило про стійку тенденцію до підвищення теплового навантаження. Водночас кількість опадів відзначалася істотною мінливістю – від надмірного зволоження у квітні 2023 р. до катастрофічного дефіциту в серпні 2024 р., що визначало різну спрямованість впливу погодних умов на продукційний процес соняшнику.

У 2022 р. середньодобові температури перевищували кліматичну норму на +1,08 °С. Сезон розпочався із задовільного вологозабезпечення у квітні, коли за 45,3 мм опадів ГТК досяг 1,28, що створювало добрі умови для проростання насіння та формування дружних сходів. У фазі масового цвітіння та початку наливу насіння вологозабезпечення залишалося нестійким, а підвищене теплове навантаження посилювало транспіраційні втрати. Це створювало репрезентативний фон для оцінки реакції гібридів на різні елементи технології вирощування, зокрема на мінеральне та мікроелементне живлення (табл. 2.1; додатки А.1, А.2, А.3, А.4).

Таблиця 2.1

**Середньодобова температура (°С) та сума опадів (мм) за період досліджень.
Метеостанція Дніпровського аеропорту, 2022–2024 рр.**

Рік	Місяць						± до середніх
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Середньодобова температура(°C)							
2022	11,8	16,4	21,6	24,3	23,8	17,2	+1,08
2023	12,0	17,2	22,0	25,0	24,5	18,0	+1,68
2024	15,5	16,4	23,2	26,6	24,6	21,0	+3,12
середнє	12,1	16,7	22,3	24,5	23,8	17,4	+1,37
середнє багаторічне	11,8	16,4	20,2	22,4	21,6	16,2	—

Продовження таблиці 2.1

Рік	Місяць						± до середніх
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Опади (мм)							Сума
Рік	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	опадів, мм
2022	45,3	19,0	29,0	35,0	46,0	35,0	209,3
2023	102,0	29,0	29,0	42,0	30,0	14,0	246,0
2024	14,0	12,0	29,0	44,0	1,6	11,0	111,6
середнє	53,8	20,0	29,0	40,3	39,2	29,7	212,0
середнє багаторічне	45	29	34	42	45	38	233

Проте вже в травні та червні кількість опадів різко зменшилася (19,0 мм та 29,0 мм відповідно), що відповідало ГТК 0,38 та 0,45. Такі умови означали посушливий режим, за якого рослини зазнавали дефіциту вологи в період інтенсивного росту й закладання генеративних органів.

У липні та серпні (ГТК 0,47 і 0,62 відповідно) зволоження залишалося недостатнім, але завдяки відносно рівномірному розподілу опадів (35,0 мм і 46,0 мм) зберігалися мінімально прийнятні умови для проходження фаз цвітіння та наливу насіння.

У вересні ситуація покращилася (ГТК = 0,68), що сприяло більш плавному завершенню вегетації, проте компенсувати попередній дефіцит вологи це не дозволило.

Загалом, 2022 рік характеризувався посушливим перебігом вегетаційного періоду з короткими періодами поліпшення умов у серпні – вересні.

У 2023 р. температурний фон був ще вищим на 1,68 °С за норму, однак рівень вологозабезпечення виявився найбільш сприятливим за усі роки досліджень.

Кількість опадів у квітні становила 102 мм, а ГТК досяг 2,84, що свідчило про надмірне зволоження. Це створило сприятливі умови для дружного проростання та укорінення рослин, проте могло підвищувати ризики ущільнення ґрунту й розвитку ґрунтових хвороб.

У травні умови залишалися близькими до оптимальних ($ГТК = 0,55$), що забезпечило формування потужної листкової поверхні соняшника.

Водночас у червні рівень опадів знизився до 29,0 мм ($ГТК = 0,44$), а липень відзначався дефіцитом вологи ($ГТК = 0,54$), що збіглося з періодом бутонізації та цвітіння, коли потреба у волозі є максимальною. Попри це, навіть за дефіциту вологи в середині літа рослини змогли підтримувати генеративний розвиток завдяки достатнім запасам ґрунтової вологи, накопиченим навесні.

Наприкінці літа й восени спостерігалось подальше зниження вологозабезпечення: серпень характеризувався посухою ($ГТК = 0,39$), а вересень – гострим дефіцитом ($ГТК = 0,26$). Це пришвидшувало досягання й скорочувало тривалість наливу насіння, що могло позначитися на якості врожаю.

Незважаючи на це, 2023 рік можна вважати найбільш продуктивним серед досліджуваних завдяки високому рівню опадів у першій половині вегетації, що дозволило соняшнику реалізувати значну частину потенціалу врожайності.

Найбільш екстремальні умови спостерігалися у 2024 р., коли середньодобові температури перевищували норму на $+3,12\text{ }^{\circ}\text{C}$. У цей рік було зафіксовано лише 111,6 мм опадів за квітень – вересень, що майже удвічі менше за багаторічний рівень.

У квітні $ГТК$ становив 0,30, що свідчило про дефіцит вологи вже на стартових етапах вегетації.

У травні та червні ситуація погіршилася ($ГТК$ 0,24 і 0,42 відповідно), що зумовлювало низьку інтенсивність росту рослин і формування редукованих кошиків.

Липень, попри дещо більшу кількість опадів (44 мм), характеризувався лише відносно кращим співвідношенням тепла й вологи ($ГТК = 0,53$).

Водночас серпень став критичним: при середньодобовій температурі $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ опадів випало лише 1,6 мм, а $ГТК$ становив 0,02, що свідчило про умови катастрофічної посухи саме у фазі наливу насіння.

Це практично унеможливлювало накопичення маси зерна й формування високого вмісту олії. Вересень ($ГТК = 0,18$) підтвердив збереження гострого

дефіциту вологи на завершальних етапах вегетації, що призвело до прискореного досягання та значного зниження врожайності.

У середньому за 2022–2024 рр. середньодобові температури у вегетаційний період перевищували норму на $+1,37^{\circ}\text{C}$, а кількість опадів становила 212 мм, що на 9 % менше від багаторічного рівня. Значення ГТК у більшості місяців перебували нижче 0,7, тобто відповідали умовам дефіцитного зволоження або посухи. Лише окремі місяці, зокрема квітень 2022 р. та 2023 р., забезпечували сприятливі умови для росту й розвитку рослин. У Дніпровському регіоні протягом 2022–2024 рр. сформувалися дуже нестабільні кліматичні умови – від відносно оптимальних (2023 р.) до різко стресових (2024 р.), що дозволяло оцінити адаптивність і стабільність досліджуваних гібридів соняшнику до поєднаного впливу теплового стресу й дефіциту вологи у ключові фази онтогенезу. Такі контрастні погодні умови створили природний градієнт стресових факторів, що дозволило отримати комплексну оцінку реакції соняшнику на посуху різної інтенсивності. Зміна рівня зволоження та теплового навантаження між роками забезпечила можливість визначити стабільність гібридів та виявити їхню здатність підтримувати продуктивність за критичного дефіциту вологи. Отримані кліматичні дані також дозволили простежити взаємозв'язок між фазами органогенезу соняшнику та періодами найбільшого стресового навантаження, що є критично важливим для інтерпретації продуктивності гібридів.

Експериментальний період (2022–2024 рр.) у м. Лозова Харківської області характеризувався значною варіабельністю кліматичних умов, зокрема кількістю і сезонним розподілом опадів, а також температурними коливаннями, що безпосередньо впливали на ріст, розвиток та врожайність соняшнику. За даними метеостанції м. Лозова, упродовж вегетаційного періоду соняшнику (квітень – вересень) 2022 року середньодобові температури коливалися в межах від $10,9^{\circ}\text{C}$ до $23,1^{\circ}\text{C}$. Відхилення від багаторічних значень було незначним ($+0,2^{\circ}\text{C}$), однак гідротермічний режим характеризувався як посушливий (табл. 2.2; додатки А.5, А.6, А.7, А.8).

Таблиця 2.2

**Середньодобова температура (°C) та сума опадів (мм) за період досліджень.
Метеостанція м. Лозова, 2022–2024 рр.**

Рік	Місяць						±до середніх
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Середньодобова температура(°C)							
2022	10,9	14,5	20,6	23,1	22,7	21,0	+ 0,2
2023	11,1	15,7	21,6	24,3	23,9	19,2	+ 0,42
2024	16,1	17,4	22,1	25,3	25,1	20,6	+ 2,22
середнє	12,6	15,8	21,3	24,2	24,0	19,9	+ 0,75
середнє багаторічне	12,1	15,9	20,1	22,7	23,1	19,4	18,88
Опади (мм)							Сума
Рік	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	опадів, мм
2022	21,6	12,9	21,3	26,7	37,1	19,2	138,8
2023	87	35,1	26,3	19,6	24,8	15,7	208,5
2024	19,1	7,5	24,6	37,5	0,9	12,1	101,7
середнє	42,6	18,5	24,1	27,9	20,9	15,7	149,7
середнє багаторічне	43,1	17,9	25,2	31,1	22,3	15,1	154,7

За даними метеостанції м. Лозова, упродовж вегетаційного періоду соняшнику (квітень – вересень) 2022 року середньодобові температури коливалися в межах від 10,9 °C до 23,1 °C. Відхилення від багаторічних значень було незначним (+0,2 °C), однак гідротермічний режим характеризувався як посушливий.

Гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) у квітні становив 0,66, що свідчило про відносно сприятливі умови для проростання та формування сходів.

Починаючи з травня (ГТК = 0,29) і протягом червня – липня (0,35 та 0,37 відповідно) спостерігався стійкий дефіцит вологи, що негативно позначався на наростанні листкової поверхні, формуванні кошика та забезпеченні процесів цвітіння.

Лише у серпні, коли кількість опадів досягла 37,1 мм, умови дещо покращилися ($ГТК = 0,53$), однак цього було недостатньо для повної компенсації дефіциту води, що накопичувався протягом попередніх місяців.

Вересень із показником $ГТК 0,31$ підтвердив продовження посушливих умов, які прискорили досягання насіння та обмежили формування його маси. У цілому 2022 рік можна охарактеризувати як посушливий із частковим поліпшенням умов лише наприкінці літа, що позначилося на врожайності.

У 2023 році температурний фон був дещо вищим за норму ($+0,42\text{ }^{\circ}\text{C}$), однак кількість опадів упродовж квітня – вересня становила 208,5 мм, що перевищувало середньобогаторічний рівень на 34 %. Відповідно змінювалися й значення $ГТК$. У квітні вони досягали 2,61, що свідчило про надмірне зволоження, яке сприяло рівномірному проростанню, хоча могло призводити й до ризику перезволоження.

Травень ($ГТК = 0,72$) характеризувався близькими до оптимальних умов для активного росту вегетативної маси та формування потужного листкового апарату.

Водночас у червні та липні, коли відбувалися бутонізація й цвітіння, дефіцит опадів зумовив зниження $ГТК$ до 0,41 та 0,26 відповідно, що обмежувало формування генеративних органів, повноту запилення та привабливість рослин для бджіл.

У серпні ($ГТК = 0,34$) та вересні (0,27) дефіцит вологи зберігався, обмежуючи процес наливу та формування маси насіння.

Незважаючи на це, у цілому 2023 рік був найбільш сприятливим за три роки досліджень завдяки вищим сумах опадів, особливо на початкових етапах вегетації, що забезпечило формування кращого потенціалу врожайності порівняно з іншими роками.

Найбільш екстремальним за погодними умовами виявився 2024 рік. Середньодобові температури перевищили норму на $+2,22\text{ }^{\circ}\text{C}$, що зумовило значне теплове навантаження впродовж усього сезону. Загальна кількість опадів за квітень – вересень становила лише 101,7 мм, що на 34 % менше за багаторічну

норму. Відповідно до ГТК у більшості місяців перебував на рівні глибокої посухи: у квітні він дорівнював 0,40, у травні – лише 0,14, у червні – 0,37, у липні – 0,48.

Критично низький рівень вологозабезпечення відзначався в серпні, коли за температури 25,1 °С випало всього 0,9 мм опадів, а ГТК становив 0,01, що відповідає умовам надзвичайної посухи саме у фазі наливу насіння.

Вересень (ГТК = 0,20) не приніс суттєвого поліпшення. Поєднання впливу високих температур і гострого дефіциту опадів у ключові фази розвитку зумовило значне пригнічення процесів фотосинтезу, транспорту асимілянтів і формування насіння, що вкрай негативно позначилося на урожайності.

Таким чином, погодні умови 2022–2024 рр. у м. Лозова характеризувалися підвищеним температурним фоном і значною мінливістю рівня опадів. Розрахунок ГТК Селянінова свідчив про переважно посушливі та дефіцитні умови в усі роки досліджень, за винятком квітня – травня 2023 р., коли зволоження було достатнім і навіть надмірним. У результаті сформувалися мінливі агрометеорологічні сценарії: від відносно сприятливих (2023 р.) до екстремально стресових (2024 р.). Це дозволило комплексно оцінити реакцію соняшнику на поєднання теплового та водного факторів у критичні періоди онтогенезу та виявити різний рівень адаптивності досліджуваних гібридів до умов посухи.

2.3. Матеріали досліджень

Матеріалом для досліджень були гібриди соняшнику селекції ТОВ «КВС – Україна» та ТОВ «Сингента», а також гербіциди та борвмісне добриво.

Гібрид Білоба (ТОВ «КВС – Україна»). Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2017 р. Простий міжлінійний гібрид олійного напрямку використання. Середньоранній, тривалість вегетаційного періоду до 107–109 діб. Висота рослини 175–180 см. Має генетично обумовлену стійкість до імазапіру та імазамоксу, комплексу рас вовчка 5 та несправжньої борошнистої роси,

витривалий до сірої і білої гнилей, фомопсису. Потенційна урожайність 4,6 т/га (у виробничих умовах до 3,5 т/га). Вміст олії в насінні 49,7–50,1 %.

Гібрид Неома (ТОВ «Сингента»). Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2010 р. Простий міжлінійний гібрид олійного напрямку використання. Середньоранній, тривалість вегетаційного періоду до 108 діб. Висота рослини 170–185 см. Має генетично обумовлену стійкість до імазапіру. Стійкий до вилягання, основних хвороб і комплексу рас вовчка 5. Потенційна урожайність 4,36 т/га. Вміст олії в насінні 49,2–49,8 %.

Гібрид Сувекс (ТОВ «КВС – Україна»). Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2021 р. Трилінійний гібрид олійного напрямку використання, олеїнового типу. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду до 118–127 діб. Висота рослини 175–180 см. Має генетично обумовлену стійкість до трибенурон-метилу та комплексу рас вовчка 7, несправжньої борошнистої роси, витривалий до сірої і білої гнилей. Потенційна урожайність 4,21 т/га (у виробничих умовах до 3,2 т/га). Вміст олії в насінні – 50,8 %.

Гібрид Дакстон (ТОВ «КВС – Україна»). Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2019 р. Простий міжлінійний гібрид олійного напрямку використання, олеїнового типу. Ранньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 105–106 діб. Висота рослини 175–185 см. Має генетично обумовлену стійкість до комплексу рас вовчка 7. Стійкий до вилягання та основних хвороб, має високий рівень адаптивності до несприятливих погодних умов. Потенційна урожайність 4,91 т/га (у виробничих умовах до 3,25 т/га). Вміст олії в насінні 48,2–52,3 %. Вміст олеїнової кислоти в олії 74,0 %.

У дослідженнях було використано ґрунтові та післясходові гербіциди різних механізмів дії:

Примекстра TZ Голд 500 SC – ґрунтовий гербіцид компанії «Сингента». Містить дві діючі речовини: S-метолахлор, 312,5 г/л (хлорацетаміди) та тербутилазин, 187,5 г/л (триазини). Препарат призначений для контролю однорічних злакових і дводольних бур'янів у досходовий період [195].

Яструб – неселективний гербіцид компанії «Монсанто» на основі калійної солі гліфосату, 441 г/л (у кислотному еквіваленті 360 г/л), групи похідних гліцину (гліфосати), що блокує синтез ароматичних амінокислот [196].

Екліпс – ґрунтовий гербіцид компанії «Nufarm» на основі прометрину, 500 г/л, що належить до хімічної групи триазинів. Використовується для контролю однорічних дводольних і деяких злакових бур'янів у посівах соняшнику [197].

Філдер – ґрунтовий гербіцид компанії «Nufarm». Діюча речовина – пропізохлор, 720 г/л, хімічна група – хлорацетаміди. Препарат застосовується переважно проти однорічних злакових і частини дводольних бур'янів, часто у бакових сумішах із протидвродольними ґрунтовими гербіцидами [198].

Геліантекс – післясходовий гербіцид компанії «Кортева», що містить галауксифен-метил, 68,5 г/кг. Належить до групи арилпіколінатів, тобто синтетичних ауксинів. Препарат призначений для контролю дводольних бур'янів у посівах соняшнику [199].

Стелс – ґрунтовий гербіцид компанії «Укравіт». Діюча речовина – флуорохлорідон, 250 г/л, хімічна група – піролідони. Препарат застосовується для захисту основних культур від широкого спектра однорічних дводольних, в т. ч. амброзії полинолистій (*Ambrosia artemisiifolia*), та деяких злакових видів бур'янів [200].

Челендж – гербіцид компанії «Байєр» на основі аклоніфену, 600 г/л. Належить до хімічної групи дифенілетерів. Використовується переважно як ґрунтовий або ранньопіслясходовий гербіцид проти дводольних бур'янів [201].

Пульсар Флекс – післясходовий гербіцид компанії «БАСФ». Діюча речовина – імазамокс, 25 г/л, хімічна група – імідазолінони. Препарат призначений для контролю однорічних злакових і дводольних бур'янів у системі Clearfield/Clearfield Plus.

Позакореневе підживлення проводили борвмісним добривом Спектрум Борон 150, яке використовували для оцінки ролі мікроелементного живлення у формуванні продуктивності рослин:

Спектрум Борон 150 – рідке борвмісне мікродобриво для позакореневого внесення компанії «Спектрум». Добриво містить 150 г/л етиленаміну бору у водорозчинній формі та призначене для профілактики й усунення дефіциту бору в чутливих культурах, зокрема соняшнику. Препарат містить органічно зв'язаний бор, завдяки чому підвищується доступність бору для рослини.

2.4. Методика проведення досліджень

Полеві досліди було проведено протягом 2022–2024 рр. у стаціонарній 3-пільній сівозміні на дослідних полях ДУ Інститут зернових культур НААН та ТОВ «Лозівський АПТС» за багатофакторною схемою методом систематичних повторень з дотриманням вимог методики дослідної справи [110].

Чергування культур в сівозміні ДУ Інститут зернових культур НААН наступне:

1. горох; 2. пшениця озима; 3. соняшник; 4. ячмінь ярий.

Чергування культур в сівозміні ТОВ «Лозівський АПТС» наступне:

1. кукурудза; 2. пшениця озима; 3. соняшник; 4. ячмінь ярий.

Після збирання пшениці озимої в серпні проводилося дискування на глибину 10–12 см з метою знищення падалиці, зменшення кількості бур'янів та покращення структури верхнього шару ґрунту. У вересні проводилося глибоке рихлення на глибину 40–42 см, що сприяло накопиченню та збереженню вологи в осінньо-зимовий період. Боронування проводилося зубовими важкими боролами на глибину 5 см.

Перед сівбою в квітні проводили культивуацію агрегатом John Deere 980 та Compactomat 1000 на глибину 6–8 см з метою вирівнювання поверхні поля, знищення проростаючих бур'янів та формування оптимальної структури ґрунту в посівному шарі.

Додатково передпосівний обробіток забезпечував вирівнювання мікрорельєфу поля та рівномірний розподіл рослинних решток у верхньому шарі ґрунту. Проведені заходи сприяли формуванню дрібногрудкуватої структури

грунту з оптимальною щільністю складення, що створювало сприятливі умови для рівномірної глибини загортання насіння.

Поєднання глибокого рихлення та поверхневого передпосівного обробітку дозволило зменшити ризик утворення ущільненого шару та покращити водопроникність ґрунту.

У комплексі зазначені технологічні операції забезпечили оптимальний водно-повітряний режим орного шару, що позитивно вплинуло на польову схожість та початковий ріст рослин (рис. 2.1).

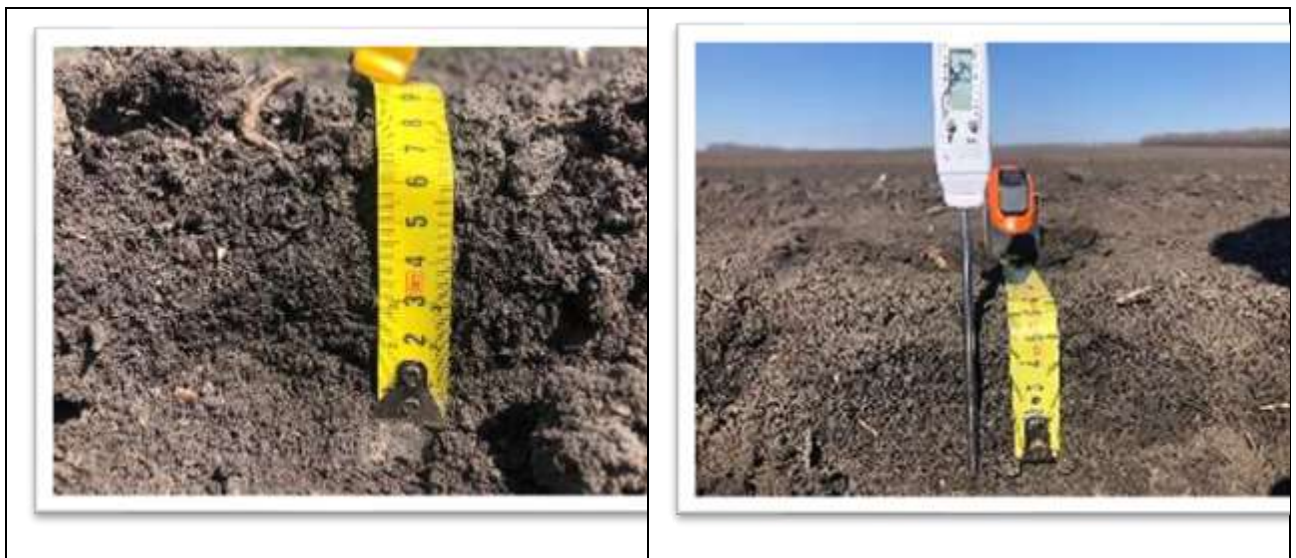


Рис.2.1. Глибина передпосівної культивуації

Система удобрення в дослідях включала передпосівне внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{30}K_{30}$; позакореневе підживлення карбамідом із полімерним покриттям ESN у нормі 10 кг/га у фазі V3–V6. Застосована система удобрення забезпечувала оптимізацію поживного режиму рослин соняшнику на початкових етапах росту й розвитку, сприяла формуванню вирівняних сходів, активізації фотосинтетичної діяльності та підвищенню адаптивності рослин до умов нестійкого зволоження.

Сівбу проводили насінням гібридів F1 сівалкою Baural на глибину 5 см. Швидкість руху посівного агрегату становила 3 км/год, що забезпечувало рівномірність висіву, стабільну глибину загортання насіння та точне дотримання

схеми досліджу. Технологічний процес сівби здійснювали за участю тракториста, спеціаліста з контролю якості, агронома-дослідника та спеціаліста з висіву дослідних ділянок і підготовки насіння. Це забезпечувало високий рівень організації польових робіт, контроль якості виконання технологічних операцій та належну відтворюваність експерименту (рис.2.2).



Рис. 2.2. Сівба дослідних ділянок соняшнику сівалкою Baural

Загальна площа ділянок становила 70 м², облікова площа ділянки останнього порядку – 60 м², повторність у дослідях – триразова. Сівбу щороку проводили у першій декаді травня в усіх зонах випробування. Оптимальні строки сівби визначали за настанням стійкого переходу середньодобової температури повітря через +10 °С, що забезпечувало дружні сходи та рівномірний початковий ріст рослин. Міжряддя становило 0,7 м. Густота рослин до збирання (за винятком

досліді з вивчення густоти) формувалася на рівні 60 тис. рослин/га. Контроль норми висіву здійснювали на початку та в кінці кожної дослідної ділянки шляхом підрахунку висіяного насіння та подальшого контролю фактичної густоти сходів. Додатково оцінювали рівномірність розміщення рослин у рядку та ступінь відхилення від заданої густоти, що дозволяло забезпечити високу точність закладання досліду. Фактичну густоту рослин уточнювали у фазі повних сходів та перед збиранням шляхом обліку рослин на закріплених облікових майданчиках у межах кожної ділянки. Це дозволяло врахувати втрати рослин упродовж вегетації та забезпечити коректну інтерпретацію отриманих результатів (рис. 2.3).



Рис.2.3. Перевірка норми висіву на дослідних ділянках

Внесення страхових гербіцидів проводилося згідно з рекомендаціями компаній-виробників. Робочий розчин готували в день обробки. Обробку здійснювали ручним акумуляторним обприскувачем, у якому гербіцид попередньо ретельно перемішували з водою до отримання однорідної суспензії. Норма витрати робочої рідини становила 300 л/га. Обприскування рослин соняшнику проводили у ранкові години за температури повітря 18–22 °С.

Міжрядний обробіток виконували у фазі 3–5 листків міжрядним культиватором КРН–1,4 на глибину 5–7 см.

Під час обприскування враховували швидкість вітру та вологість повітря з метою запобігання знесенню робочого розчину та забезпечення рівномірного покриття листової поверхні.

Контроль ефективності гербіцидів здійснювали шляхом обліку чисельності бур'янів до та через 14–21 добу після обробки. Міжрядний обробіток сприяв руйнуванню ґрунтової кірки, покращенню аерації орного шару та збереженню ґрунтової вологи. У комплексі проведені заходи забезпечили оптимальні умови для росту й розвитку рослин соняшнику на ранніх етапах органогенезу (рис. 2.4).



Рис.2.4. Міжрядний обробіток контрольних ділянок

Збирання урожаю проводили поділяючно комбайном «New Holland RC 490» (рис. 2.5) з наступним зважуванням насіння та перерахуванням на 7% вологість та 100 % чистоту насіння. Після збирання кожної ділянки врожайність перераховували на стандартні показники, що дозволяло забезпечити коректне міжваріантне порівняння та виключити вплив різниці у вологості насіння. Додатково відбирали середні проби для визначення маси 1000 насінин та структури врожайності, що давало можливість оцінити характер впливу досліджуваних факторів на формування продуктивності. Паралельно проводили облік висоти рослин, діаметра кошика, кількості виповнених сім'янок та інших морфометричних параметрів. Отримані дані обробляли методом дисперсійного аналізу із застосуванням відповідних статистичних критеріїв для визначення достовірності відмінностей між варіантами. Загальна структура експерименту дозволила комплексно оцінити як біологічні особливості гібридів, так і їхню реакцію на умови вирощування та агротехнічні фактори.



Рис.2.5. Обмолот дослідних ділянок селекційним комбайном.

Статистичний обробіток даних проводили у програмному середовищі PAST, версія 4.17. Для оцінки значущості впливу густоти, гібрида та року, а також їх взаємодій застосовували дисперсійний аналіз з розрахунком найменшої істотної різниці.

Для вирішення поставлених завдань було закладено 4 досліди.

В досліді № 1 вивчали вплив запилення бджолами квіток соняшника на врожайність та якість врожаю за різних технологій вирощування. Дослід було закладено на дослідних полях ТОВ «Лозівський АПТС». Ділянки дослідів висівалися рандомізовано гібридами Білоба, Сувекс, Неома. Дослідження проводилося за умов використання контрольного варіанту (механічна прополка) та застосування на фоні механічної прополки різних гербіцидів (грунтових і страхових), що були внесені згідно з рекомендаціями компаній-виробників (табл.2.3).

Таблиця 2.3

Схема дослідів №1 по запиленню бджолами квіток соняшника за різних технологій гербіцидного захисту

Гербіцид	Гібрид
Контроль (механічна прополка)	Білоба
	Неома
	Сувекс
Грунтовий: Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га	Білоба
	Неома
	Сувекс
Грунтовий: Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га	Білоба
	Неома
	Сувекс
Страховий: Геліантекс 45 г/га	Білоба
	Неома
	Сувекс
Страховий: Стелс 0,35 л/га	Білоба
	Неома
	Сувекс
Страховий: Челенж 0,4 л/га	Білоба
	Неома
	Сувекс

На дослідному полі було встановлено бджолосім'ї із розрахунку 5 бджолосімей на 1 га (рис. 2.6)

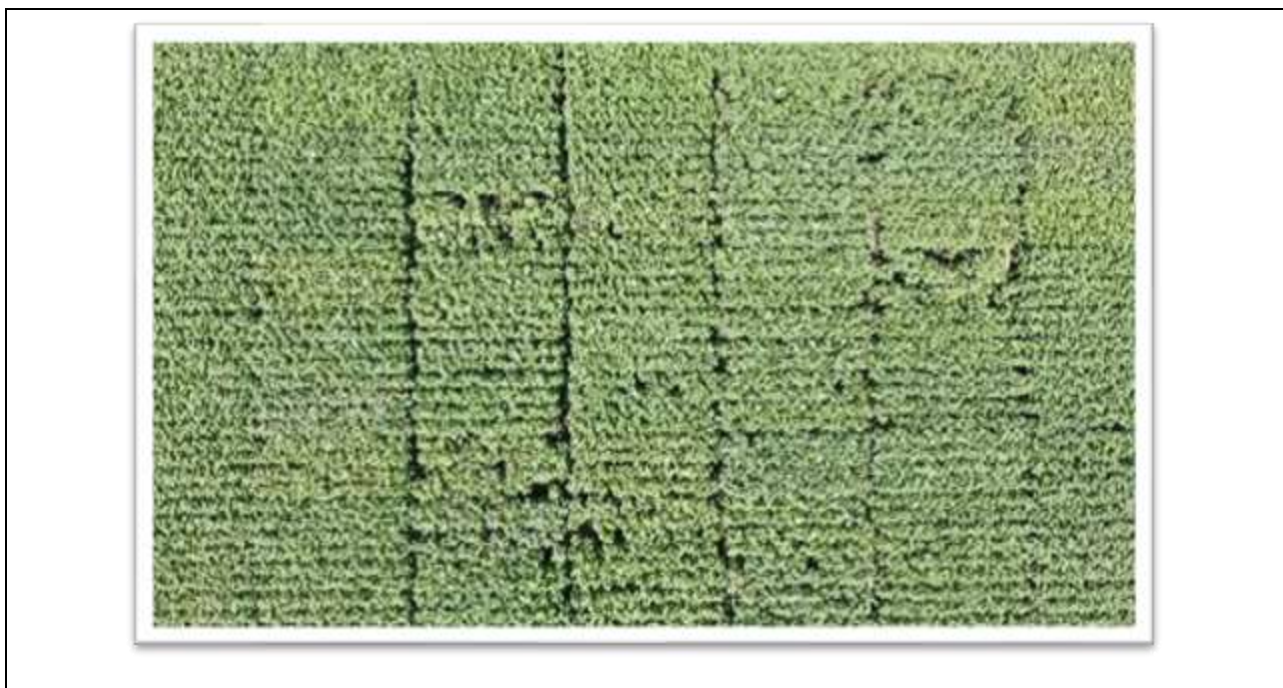


Рис.2.6. Вид з дрона дослідних ділянок соняшника

Бджолосім'ї розташовувалися так, щоб була однакова довжина маршруту від пасіки до всіх дослідних ділянок (рис. 2.7).



Рис.2.7. Розміщення бджолосімей на дослідному полі соняшника

З метою фіксації відвідувань бджолами, на ділянках які досліджувалися, в період цвітіння соняшнику були встановлені відеокамери GoPro в період цвітіння. Всього було встановлено 24 камери. Відеофіксація проводилася з 10 до 12 години (по 30 хв на кожне повторення + 30 хвилин на переміщення обладнання) та протягом чотирьох днів. Загалом, камери стояли в трьох повтореннях (рис.2.8).



Рис. 2.8. Встановлення відеокамер на дослідних ділянках

Після аналізу даних з камери відеофіксації, було отримано показники привабливості квіток для бджіл та розроблена система оцінки за балами (середня кількість відвідувань на кошик за 10 хвилин, де 1 відвідування було еквівалентне 1 балу, а 10 відвідувань – відповідно 10 балів) та урожайності (у т/га, вологість 7%) для трьох гібридів соняшника: Білоба, Неома, Сувекс (рис. 2.9).

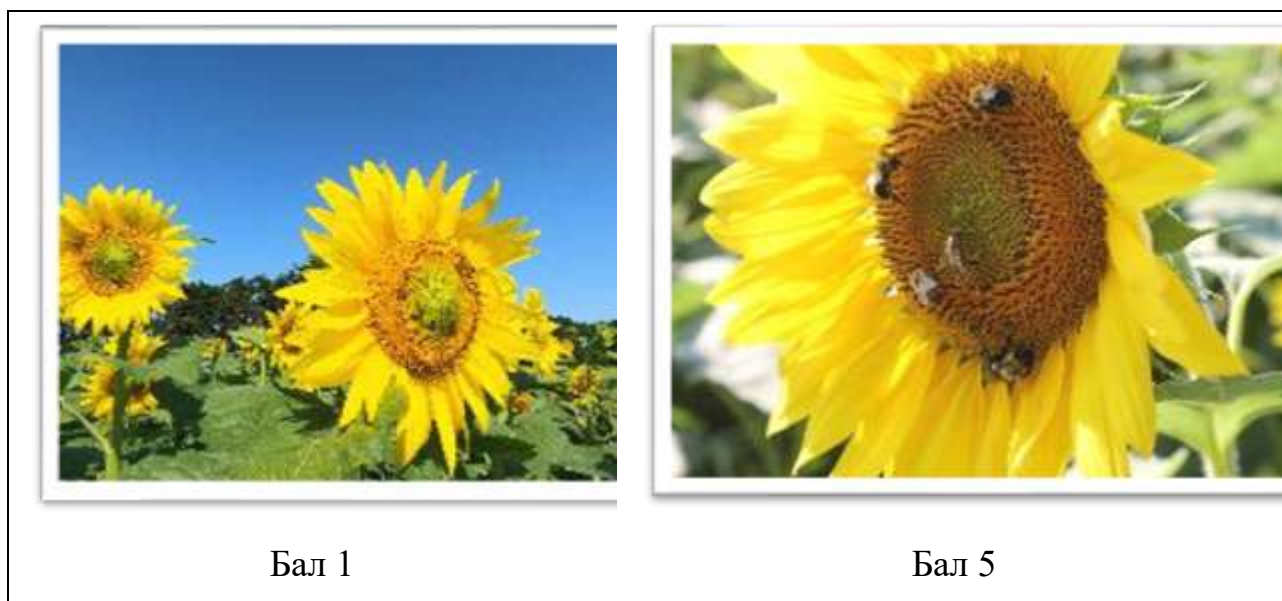


Рис.2.9. Оцінка відвідуваності бджолами окремих кошиків

В досліді № 2 досліджували вплив густоти рослин на момент збирання на урожайність та показники якості гібридів соняшнику. Ділянки закладали на дослідному полі ДУ Інститут зернових культур НААН. Досліджували сім варіантів густоти рослин на момент збирання: 35000; 40000; 45000; 50000; 55000; 60000; 65000 рослин/га.

Усі ділянки висівалися із густотою 80000 насінин на 1 гектар. Після отримання сходів потрібні густоти формувалися вручну методом виполювання та отримання оптимальної відстані між кожною окремою рослиною. Фактичну густоту визначали шляхом підрахунку рослин на ділянках перед збиранням. За контроль ставилася густота на момент збирання 60000 рослин/га. Соняшник у сівозміні розміщували після пшениці, що було типовою практикою для регіону (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Схема досліду №2 по впливу густоти рослин на врожайність гібридів
соняшнику залежно від впливу абіотичних чинників**

Густота рослин, тис./га	Гібрид
35	Білоба
	Дакстон
40	Білоба
	Дакстон
45	Білоба
	Дакстон
50	Білоба
	Дакстон
55	Білоба
	Дакстон
60 (контроль)	Білоба
	Дакстон
65	Білоба
	Дакстон

В досліді № 3 визначали вплив різних доз страхових гербіцидів на урожайність гібридів соняшнику.

Дослідні ділянки було закладено на дослідному полі ДУ Інститут зернових культур НААН, с.Василівка Дніпропетровської області (координати дослідного поля 48.2769004, 34.9405689). Ділянки досліді довжиною 21,5 м та шириною 2,8 м висівалися рандомізовано гібридами Білоба, Неома. Основну увагу було спрямовано на оцінку ефективності застосування різних гербіцидів та їх норм внесення на гібриди соняшнику (табл.2.5)

Оцінювання стійкості рослин соняшнику після застосування страхових гербіцидів проводили за дев'ятибальною шкалою, що дозволяло кількісно та візуально диференціювати ступінь фітотоксичної дії гербіцидів на рослини. Шкала передбачала градацію від повної загибелі рослин (1 бал) до повної відсутності видимих ушкоджень (9 балів).

Таблиця 2.5

**Схема досліду №3. Визначення впливу різних доз страхових
гербіцидів на урожайність гібридів соняшнику**

Гербіцид	Доза внесення, л/га	Гібрид
Контроль (механічна прополка)	—	Неома
		Білоба
Геліантекс	0,045	Неома
		Білоба
	0,065	Неома
		Білоба
	0,090	Неома
		Білоба
Пульсар Флекс	1,6	Неома
		Білоба
	2,4	Неома
		Білоба
	3,2	Неома
		Білоба

До уваги була взята класифікація BASF, де рослини повинні мати мінімум 70% толерантності при внесенні подвійної дози гербіциду від максимально заявленої рекомендованої дози для агровиробників. Найнижчі бали (1–3) відповідали значному рівню пошкодження: 1 бал, де повна загибель посіву (100 % мертвих рослин); 2 бали у випадку понад 11 % загиблих рослин; 3 бали до 10 % мертвих рослин без проявів некротичних плям на стеблі. Середні значення (4–6 балів) характеризували часткову фітотоксичність, що проявлялася незначною кількістю загиблих рослин або морфологічними змінами, зокрема зменшенням висоти рослин на 15–25 %. Високі бали (7–8) свідчили про слабку та зворотну фітотоксичну дію, що проявлялася у вигляді жовтих хлорозних плям різної інтенсивності, які зникали протягом кількох днів без істотного впливу на подальший ріст і розвиток культури (рис.2.10).



Рис. 2.10. Бальна оцінка толерантності до гербіциду

Максимальна оцінка (9 балів) відповідала повній відсутності видимих пошкоджень.

Застосування даної шкали дозволило об'єктивно оцінити реакцію гібридів соняшнику на різні дози гербіцидів, встановити межі фітотоксичності та визначити рівень толерантності досліджуваних генотипів до гербіцидного навантаження (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Оцінювання стійкості рослин після застосування гербіциду

Бал	Опис
1	100% мертві рослини
2	більше 11 % мертвих рослин
3	до 10 % мертвих рослин. Некротичні плями на стеблі відсутні .
4	декілька мертвих рослин некротичні плями на стеблі відсутні
5	25 % зменшення висоти рослин
6	15 % зменшення висоти рослин
7	яскраво-жовті плями, що зникають через декілька днів
8	блідо-жовті плями, що швидко зникають
9	Пошкодження відсутні

В досліді № 4 визначали ефективність позакореневого внесення водорозчинного бору на продуктивність рослин. Дослід було закладено у Харківській обл., Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ «Лозівський АПТС» протягом 2022–2024 рр. Дослідження проводилося з метою оцінки впливу борвмісного добрива, внесеного у різні фази вегетації, на продуктивність гібридів соняшнику Білоба та Сувекс. Аналіз проводили порівнюючи врожайність контрольного варіанту (без внесення бору) та варіанти із внесенням бору у складі добрива Спектрум Борон 150 (Дод. Е1), у формі етиленаміну Бору, у фазах V8–V10, R1–R2, та комбіноване внесення (V8–V10 + R1). Було досліджено дві норми добрива Спектрум Борон 150 – 1,5 л/га та 3,0 л/га (табл.2.7).

Таблиця 2.7

**Ефективність позакореневого внесення борвмісного добрива
Спектрум Борон 150 на продуктивність рослин соняшника (дослід №4)**

Норма внесення, л/га	Фаза	Гібрид
Контроль	—	Білоба
		Сувекс
1,5	V8–V10	Білоба
		Сувекс
	R1–R2	Білоба
		Сувекс
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	Білоба
		Сувекс
3,0	V8–V10	Білоба
		Сувекс
	R1–R2	Білоба
		Сувекс
	V8–V10 (1,25 л/га) + R1–R2 (1,75 л/га)	Білоба
		Сувекс

Було проведено аналіз ґрунту перед сівбою кожного досліду, для цього зразки ґрунту відправили у дві різні лабораторії – в США (Додатки Б.1–Б.3) та в Україні (Додаток Б.8). Результати двох лабораторій виявилися протилежними: згідно лабораторії США, ґрунт на дослідних полях мав низький та середній вміст

бору, а за даними української лабораторії – містив дуже високий вміст бору – у 2022 р. 4,5 мг/кг, у 2023 р. – 6,3 мг/кг та у 2024 р. – відповідно 3,2 мг/кг.

У дослідях проводили обліки, спостереження та аналізи згідно програми досліджень, а саме:

1) гідротермічний коефіцієнт (далі – ГТК) розраховували згідно формули (2.1):

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T} \times 10, \quad (2.1)$$

де $\sum P$ – сума опадів за період з температурою більше 10 °С;

$\sum T$ – сума температур більше 10 °С за відповідний період [214];

2) площу листя визначали експрес-методом у фазах 4–5 пар справжніх листків, появи кошиків, цвітіння, фізіологічної стиглості та розраховували згідно формули (2.2):

$$S = -0,1063 - 15,6618 * L + 17,4572 * H + 0,574 * L^2 + 0,0617 * H^2 \quad (2.2)$$

де S – площа листкової пластинки;

L – довжина листка;

H – ширина листка [75];

3) фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) визначали за методом Ничипоровича А. А. за формулою (2.3):

$$ФПП = [(L_1 + L_2) T_1 + (L_2 + L_3) T_2 + \dots (L_n + L_{n+1}) T_n] : 2, \quad (2.3)$$

де ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву, млн.м² днів/га;

L – площа листків за періодами, тис.м² / га;

T – тривалість роботи листків, днів [74].

4) чисту продуктивність фотосинтезу визначали за формулою (2.4):

$$ЧПФ = (M_2 - M_1) / (T_2 - T_1) \times (1/A), \quad (2.4)$$

де A – площа листової поверхні, м²;

M_1 – маса сухої речовини при першому, M_2 – при другому строках взяття проб;
 T_2 та T_1 – тривалість періоду, днів [74].

5) Фенологічні спостереження: дата сівби, дата появи сходів, однорідність рослин на ділянці, підрахунок густоти рослин, дата цвітіння, висота рослин, вилягання стебел, галуження рослин, привабливість для запилювачів, стійкість до імідазолінонів, стійкість до сульфонілсечовини, нестача бору, дата збору врожаю, олійність, вміст вологи в насінні, маса насіння з ділянки, врожай з гектару, вихід олії, маса тисячі насінин було визначено за методикою Лещук Н. В., Башкірової Н. В., Ретьмана С. В. та ін [111].

6) Агрохімічний аналіз ґрунту: відбір зразків ґрунту з орного горизонту (ISO 10381–1:2002); рН водне (ISO 10390:2021); рН сольове (ISO 10390:2021); гідролітична кислотність (ISO 14254:2001); сума увібраних основ (ISO 11260:1994); кальцій обмінний (ISO 23470:2022); магній обмінний (ISO 23470:2022); азот загальний (ISO 11261:1995); азот легкогідролізований (ISO 14255:1998); азот нітратний (ISO 14255:1998); азот амонійний (ISO 14255:1998); рухомі сполуки фосфору та калію за методом Bray (ISO 11263:1994); за методом Кірсанова (ISO 11260:1994); за методом Мачигіна (ASTM D515–88); валовий фосфор (ISO 11263:1994); валовий калій (ISO 11260:1994); органічна речовина (гумус) (ISO 10694:1995); мікроелементи: марганець (ISO 22036:2008); цинк (ISO 22036:2008); залізо (ISO 22036:2008); мідь (ISO 22036:2008); кобальт (ISO 22036:2008); бор (ISO 17318:2015) [112–126].

7) Обліки густоти рослин на початку та в кінці вегетації було проведено на закріплених ділянках, розміщених на трьох несуміжних повтореннях;

8) Відбір проб насінневої суміші соняшнику було проведено відповідно до ДСТУ 4601:2006 (Насіння олійних культур. Методи відбирання проб), ДСТУ 3355–96 (Продукція сільськогосподарська рослинна. Методи відбору проб у процесі карантинного огляду та експертизи), ДСТУ ISO 542:2006 (Насіння олійних культур. Методи відбирання проб). Органолептичні показники насіння (колір, запах, смак) було визначено згідно з ДСТУ 8840:2019 (Насіння олійних культур. Методи визначення кольору та запаху) [127–130];

9) Вологість насіння соняшнику було визначено згідно з ДСТУ 4811, ДСТУ ISO 665:2008 (Насіння олійних культур. Визначення вмісту води та летких речовин), ДСТУ ISO 10565 (Насіння олійних культур. Одночасне визначення вмісту олії та води. Метод спектрометрії з використанням імпульсного ядерного магнітного резонансу) [121].

10) Облік врожаю було здійснено шляхом обмолоту рослин у повній стиглості зерна. Урожайність з ділянки було приведено до 7 % вологості, 100 % чистоти та розраховано у тонах на гектар;

11) Статистичну обробку експериментальних даних досліджень було проведено кореляційним та дисперсійним методами згідно методики Gomez K. A., та Gomez A. A. а також за допомогою пакету комп'ютерних програм Fival [110];

12) Економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування культури було проведено за методикою В. П. Мартянова [133].

Висновки до розділу 2

Ґрунтові умови досліджень представлені високородючими чорноземами лесового походження двох типів: звичайними середньогумусними легкосуглинковими (Василівка, Дніпропетровська обл.) та типовими потужними середньогумусними важкосуглинковими (Нова Іванівка, Харківська обл.). Обидва типи характеризувалися високою структурованістю, значною ємністю катіонного поглинання та нейтральною або слаболужною реакцією, що створювало сприятливі передумови для вирощування соняшнику.

Морфологія й водно-фізичні властивості чорноземів (глибокий гумусовий горизонт, зернисто-грудкувата структура, висока водоутримуюча здатність 0–150 см шару) забезпечували добру аерацію, буферність та стійкість агрегатної структури у посушливих умовах Степу.

Початковий агрохімічний фон обох локацій у 2022–2024 рр. був вирівняний і достатній для отримання достовірних даних залежно від факторів

технології: середнє забезпечення N ($\approx 160\text{--}170$ мг/кг), помірне – P_2O_5 ($\approx 90\text{--}110$ мг/кг) та підвищене – K_2O ($\approx 100\text{--}120$ мг/кг).

Кліматична характеристика зони (помірно-континентальний клімат східного Степу) сума ефективних температур ≈ 2700 °C, тривалість вегетації ≈ 200 діб, опади 350–450 мм/рік, з них ≈ 270 мм за період $T > 10$ °C; середній ГТК близько 0,6, що відповідало умовам дефіциту вологи та підвищило значущість факторів технології (густота, живлення, гербіцидні схеми, бор).

Агromетeоролoгічні умови (Дніпровський аеропорт, 2022–2024 рр.) мали підвищений тепловий фон (середнє відхилення +1,37 °C; за роками +1,08; +1,68; +3,12 °C) за нестабільного зволоження (сезонні суми 209,3; 246,0; 111,6 мм відповідно; норма 233 мм). Місячні значення ГТК здебільшого $< 0,7$, окрім окремих весняних періодів 2022–2023 рр., що відображало хронічний дефіцит вологи під час критичних фаз (бутонізація–цвітіння–налив).

Агromетeоролoгічні умови (м. Лозова, 2022–2024 рр.) також були дуже нестабільними: середнє перевищення температур +0,75 °C; сезонні опади 138,8; 208,5; 101,7 мм. За місяцями ГТК підтвердив посуху у 2022 р. (епізодичне поліпшення в серпні), відносно сприятливий початок 2023 р. (надмірне зволоження у квітні) та екстремальну посуху 2024 р. з колапсом у серпні (ГТК близький до нуля), що було пояснювальним чинником очікуваного зниження виповненості сім'янок і маси 1000 насінин.

За схожої тенденції до потепління Дніпровська локація частіше мала більші весняні опади (кращий старт і укорінення), тоді як Лозова зазнавала жорсткіших літніх дефіцитів вологи, особливо у 2024 р., що було критичним для наливу насіння. Це створило природний фактор стресу для перевірки адаптивності гібридів.

Підґрунтям для вибору напряму досліджень була нестача достовірних даних про особливості вирощування нових гібридів. Матеріали досліджень (гібриди різних типів і толерантностей) забезпечили широту генетичних відмін у тривалості вегетації, стійкості до гербіцидів, потенціалі врожайності та олійності (в т.ч. високоолеїнові), що дозволило аналізувати генотип-залежні

відповіді на водний і тепловий стрес та технологічні елементи. Експериментальний дизайн (багатофакторні польові дослідження 2022–2024 рр., триразова повторність, чітко визначені облікові площі, системне чергування культур) відповідав вимогам методики і забезпечив оцінку головних ефектів і взаємодій «рік \times густота \times гібрид» та «гербіцидна схема \times гібрид».

Методики вимірювань і контролю якості даних (фенологічні спостереження за уніфікованими протоколами, ґрунтово-агрохімічні аналізи за ISO/ДСТУ для вологості/олійності, стандартизований облік урожаю і приведення до базових умов) забезпечили відтворюваність та порівнянність результатів за роками досліджень.

Окремі технологічні фактори (густина рослин, гербіцидні системи ґрунтового/страхового типу, позакореневе внесення бору у різні фази V8–V10, R1–R2 і комбіновано) були підбрані так, щоб перевірити гіпотези щодо: (i) стабільності оптимуму густоти за різних років/локацій; (ii) впливу гербіцидних режимів на привабливість для запилювачів і повноту запилення; (iii) ролі бору у зменшенні проявів абіотичного стресу та покращенні наливу насіння.

Логістика збору даних про запилення (стандартизоване розміщення пасіки, відеофіксація відвідувань бджолами, бальна оцінка привабливості) була поєднана з вимірюванням урожайності, що дозволило встановити причинно-наслідкові зв'язки поведінка запилювачів \rightarrow виповненість кошика \rightarrow врожай/олійність.

Сукупність умов і методів створило надійну основу для подальшого статистичного аналізу варіабельності та стабільності продуктивності гібридів, також для формулювання практичних рекомендацій щодо оптимізації густоти, схем гербіцидного контролю й мікроелементного живлення в умовах хронічного дефіциту вологи (ГТК здебільшого $< 0,7$) та підвищеного теплового навантаження останніх років. Аналізи, облік та спостереження були проведені згідно з загальноприйнятими методиками.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЇЇ СТРУКТУРА У ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

3.1. Особливості запилення бджолами квіток соняшника за різних технологій вирощування

Запилення квіток соняшника медоносними бджолами є одним із ключових біотичних факторів, що визначає повноту реалізації продуктивного потенціалу культури. За різних технологій вирощування умови для активності запилювачів можуть істотно змінюватися, що зумовлює варіабельність процесів запліднення трубчастих квіток у кошику. Соняшник належить до факультативно ентомофільних культур, проте саме участь бджіл забезпечує рівномірне та повноцінне запилення квіток у межах усього кошика. Зниження активності бджіл у період цвітіння призводить до неповного або асинхронного запилення, що порушує формування генеративних структур. У результаті змінюються морфологічна реалізація кошика, зокрема його діаметр та ефективна кількість квіток, здатних сформувати насіння. Це безпосередньо впливає на кількість насінин у кошику та на можливості їх наливу. Маса 1000 насінин у цьому контексті виступає завершальним інтегральним показником, який відображає наслідки порушень у системі запилення. Вплив технологій вирощування на цей показник часто реалізується опосередковано – через зміну привабливості посівів для бджіл. Особливо чутливим до таких змін є період масового цвітіння, коли формується основа майбутньої структури врожайності. За несприятливих погодних умов негативний ефект зниження активності запилювачів може посилюватися.

Активність бджіл у посівах соняшнику за різних технологій вирощування мала чітко виражений кількісний характер і змінювалася залежно від року та застосованого гербіцидного навантаження. У контрольному варіанті середня відвідуваність кошиків становила 6,0–6,2 бджоли на кошик за 10 хв, тоді як у

Привабливість квіток соняшнику для медоносних бджіл істотно залежала як від застосованої гербіцидної технології, так і від біологічних особливостей гібридів та погодних умов вегетаційного періоду. В середньому на контролі, де бур'яни знищувалися механічним способом без використання гербіцидів, спостерігалася найвища активність запилювачів: кількість бджіл, які відвідували суцвіття протягом 10 хвилин, становила 6,0 шт/кошик у гібрида Білоба, 7,0 шт/кошик у гібрида Неома і 5,33 шт/кошик у гібрида Сувекс. У 2023 р. було зафіксовано помірне зниження активності бджіл у період цвітіння соняшнику, що було зумовлено менш стабільними гідротермічними умовами порівняно з попереднім роком. Скорочення тривалості та інтенсивності відвідування кошиків призводило до часткової асинхронності запилення трубчастих квіток, насамперед у центральній зоні кошика. У 2024 році, навпаки, через посушливу погоду активність комах різко знизилася до 1–2 бджол/кошик, що відобразилося і на загальних середніх показниках.

Ґрунтові гербіциди спричиняли помірний, але відчутний вплив на активність бджіл. Бакова суміш Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га зменшила відвідуваність суцвіть у середньому на 29 % порівняно з контролем. За цього варіанта у гібрида Білоба фіксували 4,67 бджіл/кошик, у Неома – 5,00, у Сувекс – 3,33. Незважаючи на певне зниження, ці показники залишалися в межах природних коливань і свідчили про відносну безпечність даної суміші. Інша бакова суміш – Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га – спричиняла більш істотне зменшення активності запилювачів. Середня кількість бджіл зменшувалася до 2,67 шт/кошик, що на 56 % менше відносно контролю. Це свідчило про те, що дія компонентів цієї суміші могла впливати на аромат чи нектароутворення суцвіть, роблячи їх менш привабливими для бджіл.

Серед післясходових гербіцидів найбільш різке зниження привабливості спостерігалось після внесення Геліантексу (45 г/га). У середньому відвідуваність становила лише 1,11 бджіл/кошик, що менше контролю на 82 %. Найчутливішим виявився гібрид Неома, у якого кількість бджіл зменшувалася з 7 до 1 шт/кошик. Подібна тенденція, хоча й менш виражена, спостерігалася після застосування

Стелсу (350 мл/га) – на 47 %, а також після Челенджу (0,4 л/га) – на 33 %. Останній варіант показав найменший негативний вплив серед страхових гербіцидів, що може свідчити про його відносну селективність щодо квіткових структур соняшнику.

У межах гібридного складу найвищу привабливість для бджіл у середньому демонстрував Неома – 4,00 бджіл/кошик, тоді як Білоба мала 3,61, а Сувекс – 3,17 бджіл/кошик. Це може бути пов'язано з відмінностями у морфології суцвіть, інтенсивності виділення нектару та пилку. Відмінності між роками також були істотними: у 2022 та 2023 роках активність бджіл у середньому становила 4,5–5,0 шт/кошик, тоді як у 2024 році, на тлі дефіциту вологи та високих температур, вона знизилася до 1,28 бджіл/кошик (див. табл.3.1).

Така різниця підкреслює сильний вплив погодних умов, особливо вологості повітря й температури під час цвітіння, на комунікативну взаємодію між соняшником і запилювачами. Отримані дані свідчать, що гербіцидні технології можуть істотно впливати на поведінку запилювачів, змінюючи привабливість квіток через фізіологічні або ароматичні зміни у суцвіттях. Найменше зниження відвідуваності відзначалося у варіантах із ґрунтовими гербіцидами Примекстра ТЗ Голд і Яструба, далі – бакова суміш і Екліпс + Філдер. Найнижча відвідуваність спостерігалась після застосування післясходових гербіцидів Геліантекс і Стелс.

У цілому привабливість рослин для бджіл суттєво варіювала залежно від року, типу гербіцидної технології та генетичних особливостей гібридів, що підкреслює важливість урахування екологічного компонента під час розроблення технологій вирощування соняшнику.

Згідно отриманих даних зроблено графік відхилення від середньої привабливості для бджіл, який наочно відображає характер змін активності запилювачів залежно від застосування гербіцидів і біологічних особливостей гібридів. У контрольних варіантах, де бур'яни контролювалися механічним способом без застосування гербіцидів, активність медоносних бджіл була

істотно вищою від середнього рівня, що свідчило про природну привабливість квіток соняшнику (рис. 3.1).

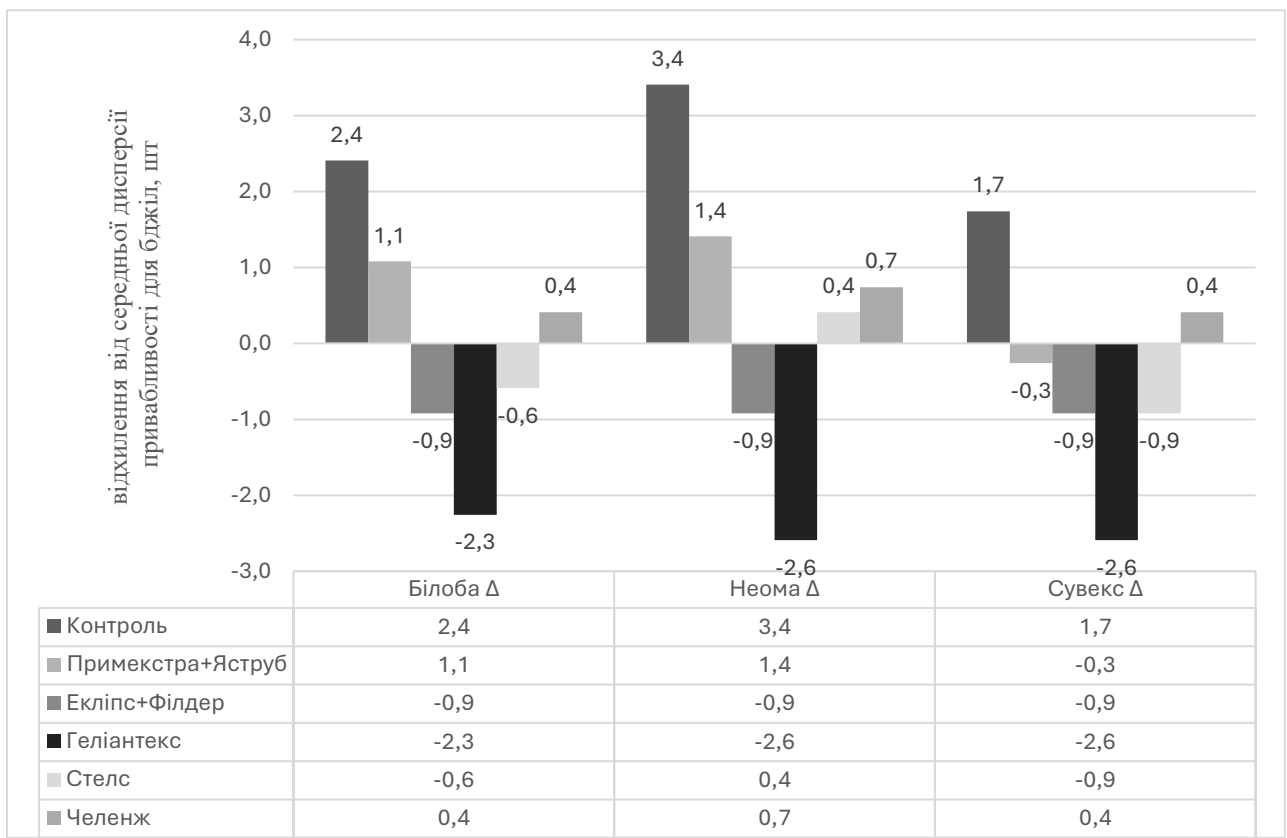


Рис.3.1. Відхилення привабливості для бджіл від середнього значення залежно від гербіцидної технології та гібриду соняшнику, шт./кошик за 10 хв, 2022–2024 рр.

Згідно з отриманими даними, відхилення привабливості квіток соняшнику для бджіл від середнього рівня окремо за кожним варіантом гербіцидної технології. Такий підхід дозволив не узагальнювати дію гербіцидів в один середній показник, а показати специфічну реакцію гібридів Білоба, Неома та Сувекс на кожний препарат або бакову суміш. Найвищі додатні відхилення спостерігалися у контрольному варіанті, де гербіциди не застосовувалися. Серед гербіцидних технологій найменше зниження привабливості відзначалося після застосування Примекстра ТЗ Голд + Яструб та Челенж, тоді як найнижчі значення були характерні для варіанта з Геліантексом. Це свідчило про

неоднаковий вплив різних гербіцидних схем на фітонектарну активність рослин і поведінку запилювачів. (див. рис. 3.1).

У 2022 році встановлено істотний вплив гербіцидного навантаження на урожайність гібридів соняшнику. Так, найвищі показники одержано на контролі, де середня урожайність гібридів становила 4,23 т/га (Білоба – 4,53 т/га, Неома – 4,10 т/га та Сувекс – 4,07 т/га), що свідчило про високий потенціал продуктивності досліджуваних генотипів за відсутності гербіцидного стресу. Застосування ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд у суміші з Яструбом зумовило відносно незначне зниження урожайності – у межах 1–9% залежно від гібриду, із середнім зменшенням на 0,20 т/га (5%), що в більшості випадків не перевищувало значення HP_{05} для фактора А. Бакова суміш Екліпс + Філдер спричинила більш істотне зниження урожайності – в середньому на 0,49 т/га (12%), при цьому найбільш чутливим виявився гібрид Білоба, де втрати досягали 18% відносно контролю. Найбільш виражений негативний вплив зафіксовано за використання гербіциду Геліантекс: середня урожайність зменшилася на 1,15 т/га, або на 27%, причому зниження показників було достовірним для всіх досліджуваних гібридів і суттєво перевищувало HP_{05} , що вказувало на високу фітотоксичність гербіциду за умов досліду.

Застосування гербіцидів Стелс і Челенж також супроводжувалося істотним зниженням урожайності – відповідно на 0,73 т/га (17%) та 0,94 т/га (22%) у середньому по гібридах. У середньому за всіма варіантами досліду найбільшу стабільність урожайності продемонстрував гібрид Неома, де зниження відносно контролю становило 15%, тоді як у гібридів Білоба та Сувекс втрати досягали відповідно 24% та 14% (табл.3.2).

Отримані результати підтверджують суттєвий вплив як типу гербіциду (фактор А), так і генотипу гібриду (фактор В), а також їх взаємодії (АВ) на формування урожайності соняшнику, що узгоджується зі статистично достовірними значеннями HP_{05} (А – 0,15; В – 0,10; АВ – 0,29 т/га) (див. табл.3.2).

Разом з тим, умови вегетаційного періоду 2022 року характеризувалися відносно сприятливим вологозабезпеченням і помірними температурами, що могло частково нівелювати негативний вплив гербіцидного навантаження на рослини.

У 2023 році вплив гербіцидного навантаження на урожайність гібридів соняшнику зберігався, однак характер реакції рослин істотно відрізнявся від 2022 року. Так, на контролі середня урожайність становила 4,80 т/га, що було вищим порівняно з попереднім роком на 0,57 т/га. При цьому максимальні показники сформували гібриди Неома (5,10 т/га) та Сувекс (5,05 т/га), тоді як урожайність гібриду Білоба була дещо нижчою і становила 4,25 т/га. Застосування ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд у суміші з Яструбом призвело до помірного зниження урожайності – в середньому на 0,43 т/га, або 9% відносно контролю. При цьому зниження показників було відносно рівномірним за всіма гібридами і коливалося в межах 8–11%, що свідчило про відсутність різко вираженої гібридної чутливості до даної гербіцидної комбінації.

Комбінація Екліпс + Філдер зумовила аналогічне за рівнем, але більш диференційоване зниження урожайності – в середньому на 0,45 т/га (9%). У гібридів Неома та Білоба втрати врожайності досягали 9–18%, тоді як гібрид Сувекс виявився менш чутливим, де зниження становило лише близько 3% порівняно з контролем. Найбільш негативний вплив, як і у 2022 р., зафіксовано при застосуванні гербіциду Геліантекс. Середня урожайність за його внесення знизилася на 1,05 т/га, або на 22%, що достовірно перевищувало значення HP_{05} для фактора А (табл.3.3).

Найвищі втрати врожайності спостерігалися у гібридів Білоба (-28%) та Сувекс (-21%), тоді як гібрид Неома проявив відносно вищу виживаність (-18%). Застосування гербіциду Стелс супроводжувалося середнім зниженням урожайності на 0,75 т/га (16%). При цьому чутливість гібридів істотно різнилася: у гібриду Білоба втрати досягали 28%, тоді як у Неоми та Сувекса вони були помірнішими і становили відповідно 13% та 8%.

Використання гербіциду Челендж спричинило зниження урожайності в середньому на 0,65 т/га (14%). Найбільше зниження відмічено у гібридів Неома та Сувекс (13–16%), тоді як у гібриду Білоба втрати були відносно меншими (12%), що свідчило про більш стабільну реакцію даного гібриду на зазначений гербіцид в умовах 2023 року.

У середньому за всіма варіантами дослідів найвищу урожайність у 2023 р. сформував гібрид Неома (4,59 т/га), тоді як гібриди Сувекс і Білоба поступалися йому на 0,01–1,02 т/га. Отримані результати підтверджують істотний вплив не лише типу гербіциду, а й погодних умов року на рівень фітотоксичності та ступінь реалізації продуктивного потенціалу гібридів соняшнику (див. табл.3.3).

У 2024 р. дія гербіцидного навантаження на урожайність гібридів соняшнику проявилася найбільш різко порівняно з 2022–2023 роками, що було зумовлено несприятливими гідротермічними умовами вегетаційного періоду, насамперед дефіцитом вологи та підвищеним температурним режимом. На контролі середня урожайність становила лише 2,49 т/га, що майже вдвічі менше порівняно з 2023 роком, при цьому найвищі показники сформував гібрид Неома (2,90 т/га), тоді як у гібридів Білоба та Сувекс урожайність становила відповідно 2,50 т/га та 2,07 т/га.

Застосування ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд у суміші з Яструбом призвело до істотного зниження урожайності – в середньому на 0,41 т/га, або на 16% відносно контролю. Найбільша чутливість відмічена у гібридів Білоба та Неома, де втрати врожайності становили відповідно 21 % та 20%, тоді як у гібриду Сувекс негативний ефект був менш вираженим (-7%) (табл.3.4).

Комбінація Екліпс + Філдер, на відміну від попередніх років, не чинила вираженої пригнічувальної дії на урожайність. У середньому по гібридах урожайність відповідала рівню контролю (2,51 т/га), а у гібридів Неома та Сувекс зафіксовано тенденцію до підвищення урожайності (+6%), що може свідчити про кращу адаптацію рослин до даної гербіцидної схеми за умов нестачі вологи. Така реакція обумовлена нижчим рівнем фітотоксичності даної гербіцидної комбінації порівняно з іншими варіантами. За цих умов рослини зберігали вищу інтенсивність фотосинтетичних процесів та асиміляційної діяльності. Це сприяло більш ефективному формуванню генеративних органів навіть за дефіциту вологи. Крім того, спостерігалось більш рівномірне відновлення рослин після гербіцидного впливу. Відносна стабільність урожайності вказує на доцільність використання цієї схеми у стресових умовах вирощування. Застосування Екліпс + Філдер можна розглядати як один із адаптивних елементів технології вирощування соняшнику в умовах посухи.

Як і у попередні роки, найбільш негативний вплив зафіксовано при застосуванні гербіциду Геліантекс, де середня урожайність знизилася до 1,63 т/га, що на 0,86 т/га (35%) менше порівняно з контролем. За дії даного препарату відбувалося істотне пригнічення ростових процесів та формування листової поверхні. За умов дефіциту вологи це призводило до додаткового посилення стресового навантаження на рослини. Внаслідок цього знижувалася інтенсивність фотосинтезу та порушувалося накопичення сухої речовини. Особливо чутливими виявилися рослини у фазі активного росту, коли відбувалося формування генеративних органів. Нерівномірність розвитку рослин у варіанті з Геліантексом зумовлювала зниження вирівняності посіву. Виражена диференціація реакції гібридів свідчить про значну роль генотипу у формуванні стійкості до гербіцидного навантаження. Максимальні втрати врожайності спостерігалися у гібриду Білоба (-48%), меншими вони були у гібридів Неома (-9%) та Сувекс (-26%), що вказує на високу чутливість рослин до гербіциду за умов посухи (див. табл.3.4).

Застосування гербіциду Стелс супроводжувалося помірним зниженням урожайності – в середньому на 0,26 т/га (10%). При цьому реакція гібридів була різною: у гібриду Неома втрати досягали 24%, тоді як у гібридів Білоба та Сувекс істотного зниження урожайності не відмічено, а у Сувекса навіть зафіксовано незначне підвищення показників (+5%).

Гербіцид Челенж у 2024 році зумовив істотне зниження урожайності – в середньому на 0,70 т/га, або на 28% відносно контролю. Найбільші втрати спостерігалися у гібридів Білоба та Неома (-35% і -30% відповідно), тоді як у гібриду Сувекс зниження було менш вираженим (-18%).

Отже, за всіма варіантами дослідів у 2024 році найвищу урожайність сформував гібрид Неома (2,43 т/га), що підтверджує його відносно вищу адаптивність до стресових умов вирощування. Загалом результати 2024 року свідчать, що за умов дефіциту вологи негативний вплив гербіцидного навантаження на соняшник істотно посилюється, а рівень фітотоксичності гербіцидів значною мірою залежить як від погодних умов року, так і від генотипових особливостей гібридів, що підтверджується статистично достовірними значеннями HP_{05} та взаємодією факторів (див. табл.3.4).

Характеристика впливу факторів на формування урожайності соняшнику показала, що гербіцидний фактор мав відносно невелике значення – 7,4%. Це, ймовірно, пов'язано з тим, що застосування гербіцидів не змінювало радикально потенціал гібридів, проте окремі гербіциди могли зумовлювати як зниження, так і стабілізацію врожайності. Зокрема, негативний вплив відмічався при застосуванні Геліантексу та Челенджу, тоді як Стелс забезпечував показники, близькі до контролю. Внесок гібридного чинника (4,9%) виявився найменшим серед усіх індивідуальних факторів. Це пояснюється відносно подібним рівнем урожайності досліджуваних гібридів, хоча спостерігалися певні відмінності: Сувекс характеризувався вищим діапазоном урожайності, тоді як Неома зберігав стабільні показники навіть за впливу стресових умов (рис.3.2).

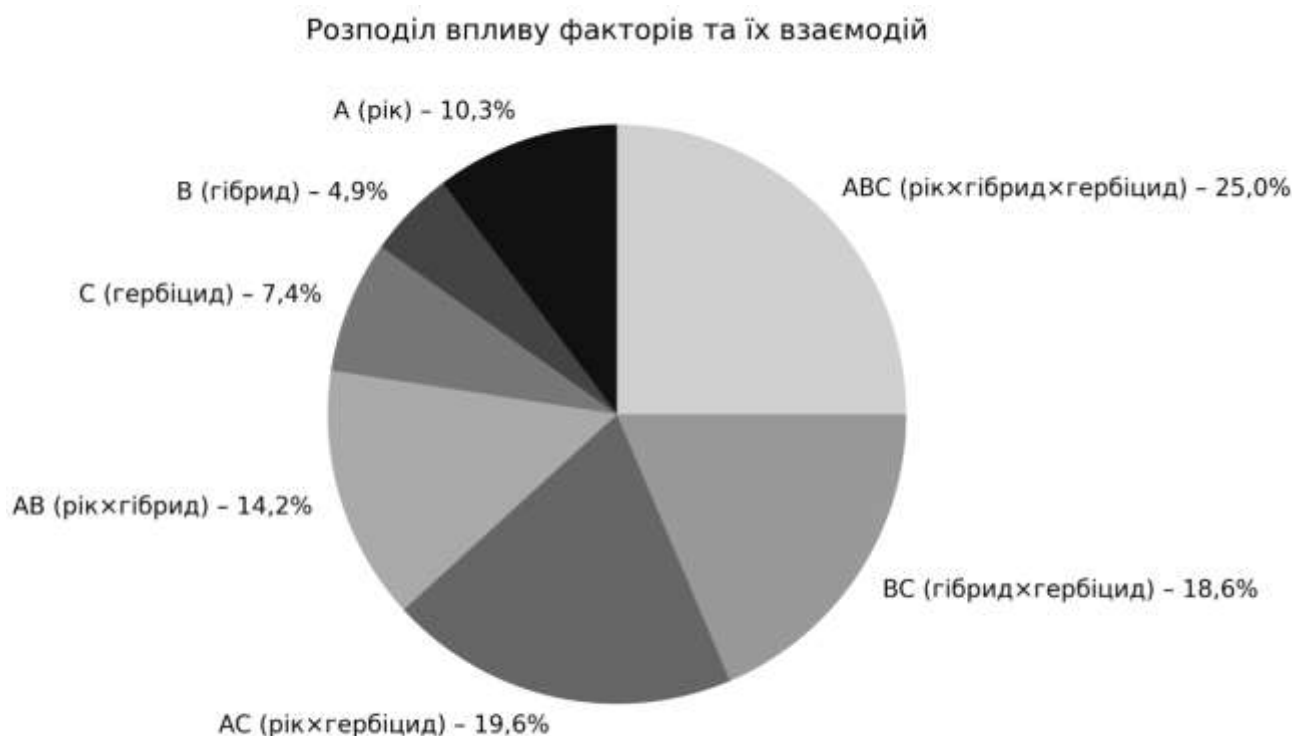


Рис. 3.2. Частка впливу факторів на формування урожайності соняшнику, %, 2022–2024 рр.

Найбільший внесок серед окремих факторів мав рік (10,3%), що зумовлено істотними відмінностями погодних умов у 2022–2024 рр. Саме вологозабезпечення й температурний режим визначали як загальний рівень врожайності, так і прояв взаємодії інших факторів. У роки з більш сприятливими умовами урожайність підвищувалася незалежно від гербіцидної технології, тоді як у посушливі періоди дія гербіцидів виявлялася більш різко. Взаємодія гербіцид × гібрид (14,2%) свідчила про різну чутливість генотипів до застосованих гербіцидів: Білоба виявився найбільш чутливим до Геліантексу, тоді як Сувекс зберігав відносну стабільність навіть за умов застосування післясходових гербіцидів.

Вагомою виявилася взаємодія гербіцид × рік (19,6%), яка підтвердила, що ефективність і безпечність гербіцидних технологій значною мірою залежала від погодних умов. Так, у посушливому 2024 р. зниження врожайності під впливом страхових гербіцидів було значно сильнішим, ніж у більш вологому 2023 р.

Подібну залежність засвідчила й взаємодія гібрид \times рік (18,6%), що відображала диференційовану реакцію гібридів у різні роки. У сприятливих умовах різниця між ними згладжувалася, тоді як за посухи проявлялася більш чітко: Сувекс у стресових умовах формував нижчу врожайність, тоді як Неома зберігав відносну стабільність.

Найбільший вплив серед усіх чинників мала взаємодія гербіцид \times гібрид \times рік (25,0%). Це означає, що урожайність визначалася не окремим фактором, а їхнім комплексним поєднанням. Один і той самий гербіцид по-різному діяв на різні гібриди залежно від року. Наприклад, у Білоби у 2024 р. під дією Геліантексу відмічалось різке падіння врожаю, тоді як у 2023 р. цей вплив був менш помітним. Така взаємодія підтверджувала необхідність комплексного підходу до оцінки технологій вирощування, що враховує поєднання біологічних особливостей гібридів, гербіцидного навантаження та погодних умов року (див. рис.3.2).

Активність бджіл у період цвітіння визначала повноту і синхронність запилення трубчастих квіток у кошику соняшнику. За високої відвідуваності кошиків бджолами забезпечувалося рівномірне запліднення квіток як у крайових, так і в центральних зонах, що сприяло повній реалізації потенційного діаметра кошика. Натомість за зниження активності запилювачів частина квіток залишалася незаплідненою або запліднювалася асинхронно, що обмежувало функціональне використання площі кошика.

Діаметр кошика соняшнику є одним із ключових морфологічних показників, що характеризує інтенсивність формування генеративних органів і безпосередньо пов'язаний із кількістю квіток, потенційною кількістю сім'янок та кінцевою урожайністю культури. Цей показник формується у критичний період органогенезу (фази 6–12 листків – бутонізація) і є надзвичайно чутливим як до абіотичних, так і до антропогенних факторів, зокрема гербіцидного навантаження [171, 178].

Можна припустити, що у варіантах із найвищою активністю бджіл (контроль, окремі гербіцидні технології з мінімальним негативним впливом на

запилювачів) формувався більший або більш стабільний діаметр кошика. Водночас у варіантах, де фіксувалося зниження відвідуваності кошиків бджолами, спостерігалось достовірне зменшення діаметра кошика, особливо за стресових умов року. Це вказує на те, що запилення є одним із факторів, які визначають не лише запліднення, а й морфологічну «реалізацію» кошика.

У 2022 році формування діаметра кошика відбувалося за відносно сприятливих гідротермічних умов, що забезпечило високий рівень компенсаторної здатності рослин.

На контролі середній діаметр кошика становив 20 см, що відповідало оптимальним значенням для досліджуваних гібридів. Застосування більшості гербіцидів не призводило до істотних морфометричних змін: при використанні комбінації Екліпс + Філдер, а також гербіциду Стелс, середній діаметр кошика залишався на рівні контролю, а відхилення не перевищували значень HP_{05} . Разом з тим, у 2022 році простежувалася тенденція до зменшення діаметра кошика за застосування окремих гербіцидів.

Так, використання Примекстра ТЗ Голд у суміші з Яструбом і гербіцидом Челендж зумовлювало зменшення середнього діаметра кошика на 2 см (10%), що може свідчити про початкові прояви гербіцидного стресу в період закладання генеративних органів. Гербіцид Геліантекс спричиняв менш виражене, але стабільне зниження цього показника (-5%), що вказувало на його системну дію, яка навіть за сприятливих умов року частково обмежувала ріст кошика.

У середньому за всіма гербіцидами відхилення від контролю було мінімальним (-0,1 см), що свідчило про здатність рослин соняшнику компенсувати ранній хімічний стрес за рахунок активного росту в подальші фази вегетації (табл. 3.5).

Разом з тим, у 2022 році простежувалася тенденція до зменшення діаметра кошика за застосування окремих гербіцидів. Так, використання Примекстра ТЗ Голд у суміші з Яструбом і гербіцидом Челендж зумовлювало зменшення середнього діаметра кошика на 2 см (10%), що може свідчити про початкові прояви гербіцидного стресу в період закладання генеративних органів. Гербіцид Геліантекс спричиняв менш виражене, але стабільне зниження цього показника (-5%), що вказує на його системну дію, яка навіть за сприятливих умов року частково обмежувала ріст кошика. У середньому за всіма гербіцидами відхилення від контролю було мінімальним (-0,1 см), що свідчило про здатність рослин соняшнику компенсувати ранній хімічний стрес за рахунок активного росту в подальші фази вегетації (див. табл. 3.5). Подібні результати описані у дослідженнях, проведених у Сербії та Румунії, де зазначено, що за достатнього зволоження морфометричні показники кошика є відносно стабільними навіть за застосування гербіцидів із високою біологічною активністю [171].

У 2023 році характер впливу гербіцидної технології на діаметр кошика суттєво змінився. Так, на контролі середній діаметр кошика збільшився до 22 см, що свідчило про високий потенціал росту та сприятливі умови для формування генеративних органів. Проте на фоні підвищеної продуктивності культури негативна дія окремих гербіцидів стала більш контрастною і чітко диференційованою.

Найбільш істотне зменшення діаметра кошика зафіксовано за застосування гербіцидів Геліантекс та Челенж, де середній показник зменшувався на 4 см (18%) порівняно з контролем. Такий рівень депресії вже перевищував значення HP_{05} і вказував на достовірний негативний вплив на морфогенез кошика. Комбінація Примекстра ТЗ Голд + Яструб також спричиняла суттєве зменшення діаметра кошика (-14%), що підтверджує її потенційну фітотоксичність у фазі активного росту рослин.

Водночас гербіцид Стелс у 2023 році проявив нейтральну або навіть стимулюючу дію, забезпечивши збільшення середнього діаметра кошика до 23 см (табл. 3.6).

Це може бути пов'язано з опосередкованим ефектом зменшення конкуренції з боку бур'янів та оптимізацією умов живлення, що переважало потенційний стресовий вплив гербіциду. У середньому за всіма гербіцидами діаметр кошика у 2023 р. (див. табл. 3.6) зменшився на 1,2 см (5,7%), що свідчило про зростання чутливості рослин до гербіцидного навантаження порівняно з 2022 роком.

У 2024 р. негативний вплив гербіцидної технології на формування діаметра кошика соняшнику був найбільш вираженим за весь період досліджень. На контролі середній діаметр кошика становив 22 см, однак за більшості гербіцидних варіантів спостерігалось істотне його зменшення, що пов'язано з поєднанням гербіцидного стресу та несприятливих гідротермічних умов року.

Особливо різко зменшувався діаметр кошика за застосування гербіциду Геліантекс, де середній показник становив лише 16 см, що на 6 см (27%) менше порівняно з контролем. Значні втрати також зафіксовано при використанні гербіциду Челендж та комбінації Екліпс + Філдер, де зниження середніх значень становило 9–14 %. На цьому фоні комбінація Примекстра ТЗ Голд + Яструб проявила відносно нейтральну або навіть компенсаторну дію, забезпечивши середній діаметр кошика на рівні 23 см, що на 5% перевищувало контроль.

У середньому за всіма гербіцидами діаметр кошика у 2024 році зменшився на 1,6 см (7%), що свідчило про істотне посилення негативного впливу гербіцидного навантаження за умов дефіциту вологи та високих температур (табл.3.7).

Одним із ключових механізмів впливу гербіцидів на формування діаметра кошика є порушення гормонального балансу рослин. Відомо, що ауксини, гібереліни та цитокініни відіграють провідну роль у регуляції клітинного поділу і росту генеративних органів. Гербіциди, особливо інгібітори ацетолактатсинтази (ALS) та синтетичні ауксини, здатні змінювати ендогенний рівень фітогормонів або порушувати їх транспорт у рослині [162].

Зниження активності цитокінінів у меристематичних тканинах кошика призводить до скорочення тривалості фази активного клітинного поділу, що безпосередньо відображається у зменшенні діаметра кошика. Паралельно порушення ауксинового градієнта може обмежувати формування провідних пучків, що знижує ефективність транспорту асимілянтів до генеративних органів [163]. Саме цим механізмом пояснюється стабільне зменшення діаметра кошика за застосування гербіцидів із системною дією, зокрема Геліантексу, що спостерігалось у всі роки досліджень, особливо у 2024 році.

Діаметр кошика є прямим відображенням ефективності функціонування системи, де листковий апарат виступає основним джерелом асимілянтів, а генеративні органи – основним їх споживачем. Гербіцидний стрес, навіть без виражених візуальних симптомів, може призводити до зниження фотосинтетичної активності за рахунок пригнічення фотосистеми II, зменшення вмісту хлорофілу та порушення газообміну (рис.3.3).



Рис.3.3. Механізм зменшення діаметра кошика під впливом гербіцидного стресу

У таких умовах відбувається перерозподіл асимілянтів на користь підтримки життєздатності вегетативних органів, тоді як генеративні органи, зокрема кошик, отримують менше ресурсів для росту. Це особливо чітко

проявляється у роки з підвищеним абіотичним навантаженням, що підтверджується різким зменшенням діаметра кошика у 2024 році. Аналогічні процеси описані у роботах міжнародних дослідників, які вказують, що за умов поєднання гербіцидного та водного стресів ефективність фотосинтезу може знижуватися на 20–30%, що безпосередньо відображається на морфометричних показниках кошика [175–177].

Важливу роль у формуванні діаметра кошика відіграє водний режим рослин. Клітинне розтягнення, яке визначає кінцеві розміри генеративних органів, є неможливим без достатнього рівня тургору. Гербіцидний стрес може опосередковано впливати на водний баланс рослин через пошкодження кореневої системи або порушення функціонування продихів.

За умов дефіциту вологи, характерних для 2024 року, навіть помірне гербіцидне навантаження могло призводити до різкого зниження тургору клітин у меристемах кошика, що обмежувало його ріст у діаметрі. Саме цим пояснюється синергія гербіцидного та абіотичного стресів, за якої негативний ефект окремих гербіцидів значно посилювався порівняно з попередніми роками.

Гербіцидний стрес також супроводжується індукцією окиснювального стресу, що проявляється у надмірному утворенні активних форм кисню (АФК). Для нейтралізації АФК рослина активує антиоксидантну систему, що потребує значних енергетичних витрат. У результаті частина енергетичних і пластичних ресурсів, які могли бути використані для росту генеративних органів, спрямовується на підтримку гомеостазу клітин.

За сприятливих умов 2022 року ці витрати компенсувалися високою фотосинтетичною активністю, тоді як у 2024 році обмежені ресурси не дозволяли рослинам одночасно підтримувати антиоксидантний захист і забезпечувати повноцінний розвиток кошика, що призвело до істотного зменшення його діаметра.

Важливим аспектом фізіологічної реакції на гербіцидне навантаження є генотипова специфічність гібридів. Вища стабільність діаметра кошика у гібрида Неома в усі роки досліджень могла бути зумовлена більш ефективною

регуляцією гормонального балансу, кращим функціонуванням фотосинтетичного апарату та підвищеною активністю антиоксидантних систем. Подібні особливості характерні для гібридів з високою екологічною пластичністю, що підтверджено численними міжнародними дослідженнями [174, 178]. Діаметр кошика безпосередньо пов'язаний із кількістю трубчастих квіток, здатних утворити насінини. За повноцінного запилення більший діаметр кошика означає більшу кількість запліднених квіток і, відповідно, більший потенціал кількості насінин. За умов недостатнього запилення частина квіток, навіть за сформованого кошика, не переходить у стадію формування насіння, що знижує ефективну щільність насінин у кошику.

Отже, зменшення діаметра кошика, зафіксоване у варіантах із нижчою активністю бджіл, слід розглядати як перший структурний прояв порушення ентомозапилення, який надалі трансформується у зниження кількості сформованих насінин. Цей механізм особливо чітко проявляється у роки з несприятливими погодними умовами, коли навіть незначне зниження активності бджіл має непропорційно великий вплив на формування генеративних органів.

Діаметр кошика слід розглядати не лише як морфологічну ознаку, а як інтегральний показник повноти ентомозапилення. Зменшення діаметра кошика означає не лише скорочення його площі, а й функціональне зменшення кількості трубчастих квіток, здатних перейти у фазу формування насінин за умов неповного або асинхронного запилення. Саме через зміну діаметра кошика реалізується первинний вплив активності бджіл на кількість потенційно сформованих насінин, що надалі визначає характер їх наливу та масу 1000 насінин.

Нами встановлено, що кількість насінин у кошику соняшнику істотно залежала від застосованих гербіцидних технологій. У контрольному варіанті (механічна прополка) середня кількість насінин у кошику становила 1226 шт. у гібрида Білоба, 1109 шт. у Неома та 1461 шт. у Сувекс (табл. 3.8).

У середньому за три роки показник на контролі становив 1265 шт., що характеризує оптимальні умови розвитку та наливу насіння без хімічного навантаження. Виробничо це означає формування врожаю на рівні, близькому до потенційного, що особливо важливо для насінницьких посівів, де якість насіння визначає схожість і енергію росту майбутніх рослин. Порівняно з контролем, більшість гербіцидних варіантів спричиняла зниження кількості насінин, проте ступінь цього впливу залежав від типу гербіцидної дії та генетичних особливостей гібридів.

Застосування бакової суміші Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га: спостерігалася диференційована реакція гібридів. У Білоба кількість насінин знизилася до 1064 шт. (на 163 шт. менше контролю), у гібрида Сувекс – до 1196 шт. (-265 шт.), тоді як у Неома відмічалася підвищення до 1290 шт. (+180 шт.). У середньому по варіанту кількість насінин становила 1183 шт., що було лише на 6 % нижче за контроль, що свідчило про добру виживаність Неома до цієї гербіцидної комбінації. Порівняно з контролем, більшість гербіцидних варіантів спричиняла зниження кількості насінин, проте ступінь цього впливу залежав від типу гербіцидної дії та генетичних особливостей гібридів.

Порівняно з контролем, більшість гербіцидних варіантів спричиняла зниження кількості насінин, проте ступінь цього впливу залежав від типу гербіцидної дії та генетичних особливостей гібридів.

Застосування бакової суміші Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га: спостерігалася диференційована реакція гібридів. У Білоба кількість насінин знизилася до 1064 шт. (на 163 шт. менше контролю), у гібрида Сувекс – до 1196 шт. (-265 шт.), тоді як у Неома відмічалася підвищення до 1290 шт. (+180 шт.). У середньому по варіанту кількість насінин становила 1183 шт., що було лише на 6 % нижче за контроль, що свідчило про добру виживаність Неома до цієї гербіцидної комбінації.

Ґрунтовий гербіцид Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га спричинив суттєве зменшення кількості насінин у всіх гібридів. У Білоба показник становив 991 шт. (-19 % до контролю), у Неома – 932 шт. (-16 %), а у Сувекс – лише 907 шт. (-38

%). Середній показник по варіанту дорівнював 943 шт., що на 25 % нижче контролю, вказуючи на пригнічення формування генеративних органів при підвищеному гербіцидному навантаженні в умовах дефіциту вологи. З точки зору насінництва це свідчило про ризик зменшення кількості виповненого насіння в умовах застосування інтенсивних ґрунтових схем на легких за структурою ґрунтах або в посушливі роки (див. табл. 3.8).

Страховий гербіцид Геліантекс (45 г/га) мав ще більш виражений негативний вплив. У Білоба середня кількість насінин зменшилась до 948 шт., у Неома – до 880 шт., а у Сувекс – до 950 шт. В середньому за три роки цей варіант забезпечив 926 шт. насінин, що на 27 % менше контролю. Такі результати свідчать про високу чутливість усіх гібридів до дії гербіциду, особливо у посушливі роки. Такі коливання небажані у виробництві насіння, адже зменшення кількості зав'язей безпосередньо знижує урожайність і однорідність насіння.

Більш м'який вплив на показник спостерігався після застосування страхового гербіциду Стелс 350 мл/га. У Білоба кількість насінин становила 1015 шт., у Неома – 1021 шт., у Сувекс – 1198 шт., що в середньому дало 1078 шт. (-15 % до контролю). Для виробничих умов це вказує на безпечність цього гербіциду для гібридів Білоба, Неома та Сувекс, що дозволяє ефективно контролювати бур'яни без істотного впливу на насіннєву продуктивність. Після внесення гербіциду Челенж 0,4 л/га кількість насінин також зменшувалася, однак менш виражено у гібрида Неома (888 шт.) порівняно з Білоба (927 шт.) та Сувекс (1077 шт.). Середній показник по варіанту становив 964 шт., що на 24 % нижче контролю (див. табл. 3.8). Це свідчило про відносну виживаність середньостиглих гібридів до цього гербіциду, що важливо враховувати при плануванні виробничих посівів у регіонах із високим рівнем забур'яненості.

Маса 1000 насінин є завершальним інтегральним елементом у формуванні врожайності соняшнику і визначається взаємодією двох взаємопов'язаних процесів: кількості запліднених і повноцінно розвинутих насінин, що формують стік асимілянтів, та здатності рослини забезпечити ці стоки продуктами

фотосинтезу, тобто функціонуванням джерела асимілянтів [179,182]. За умов повноцінного ентомозапилення і формування великої кількості насінин у кошику асимілянти розподіляються між значною кількістю стоків, що зазвичай призводить до формування насіння середньої маси без різких відхилень показника маси 1000. Натомість за зниження активності бджіл кількість запліднених квіток у кошику зменшується, що змінює характер розподілу асимілянтів у рослині [182].

У 2022 році, попри загалом сприятливі умови вегетації, застосування гербіцидних технологій супроводжувалося зниженням активності бджіл порівняно з контрольним варіантом (механічна прополка), що безпосередньо вплинуло на повноту ентомозапилення квіток соняшнику. Саме на контролі була зафіксована найвища інтенсивність відвідування кошиків бджолами, що створювала умови для максимально повного й рівномірного запилення трубчастих квіток у всіх зонах кошика. За таких умов формувався найбільший середній показник маси 1000 насінин – 63 г. У гербіцидних варіантах зниження активності бджіл призводило до часткового недозапилення квіток, насамперед у центральній частині кошика, що зумовлювало нерівномірне формування насінин і зменшення їхньої середньої маси (табл.3.9).

За даними Schreiner [179], неповнота або асинхронність запилення соняшнику ймовірно призводить до формування насіння з нижчим потенціалом росту та обмеженою інтенсивністю накопичення сухої речовини, навіть за достатнього забезпечення рослин асимілянтами. Саме цим пояснюється зниження показника маси 1000 у більшості гербіцидних варіантів у 2022 р. Найбільш виражене зменшення маси 1000 насінин спостерігалось за застосування гербіциду Геліантекс (-17% у середньому), що узгоджується з раніше встановленим істотним зниженням активності бджіл у цьому варіанті. Повторюваність такого ефекту в усі роки досліджень свідчило про те, що негативний вплив цього гербіциду реалізується не лише через пряме фізіологічне навантаження на рослину, а й через порушення процесів ентомозапилення, що є критичним для формування повноцінного насіння соняшнику. Гібридні

особливості реакції у 2022 році також чітко простежувалися. Гібрид Неома характеризувався найменшим зниженням маси 1000 насінин (-5% у середньому по гербіцидах), що може свідчити про кращу здатність компенсувати часткове недозапилення за рахунок більш стабільного наливу насіння (див. табл.3.9).

Таблиця 3.9

**Маса 1000 насінин гібридів соняшника залежно від
гербіцидної технології, г, 2022 р.**

Гербицид (А)	Гібрид (В)				Прибавка до контролю							
	Білоба	Неома	Сувекс	Середнє	Білоба		Неома		Сувекс		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г				± г	%	± г	%	± г	%	± г	%
Контроль	63	63	62	63	—	—	—	—	—	—	—	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	64	61	57	61	1	2	-2	-3	-5	-8	-2	-3
Екліпс + Філдер	58	66	54	59	-5	-8	3	5	-8	-13	-4	-6
Геліантекс	57	50	49	52	-6	-10	-13	-21	-13	-21	-11	-17
Стелс	56	59	59	58	-7	-11	-4	-6	-3	-5	-5	-8
Челендж	52	59	55	55	-11	-17	-4	-6	-7	-11	-8	-13
Середнє	58	59	56	58	-4	-8	-3	-5	-6	-10	-5	-8
НІР ₀₅	А – 1,4; В – 1,9; АВ – 3,1											

З біологічної точки зору, зниження маси 1000 насінин у 2022 р. можна пов'язати з раннім або середньораннім пригніченням фотосинтетичного апарату, що, хоча й не призводило до різкого зниження загальної біомаси, однак обмежувало сумарний потік асимілянтів до насіння у фазі наливу. Таїз та співавтори [180] зазначають, що навіть короточасне зниження інтенсивності фотосинтезу або порушення гормональної регуляції росту (зокрема співвідношення ауксинів і цитокінінів) може мати кумулятивний ефект і відбиватися саме на кінцевих показниках маси насіння.

Виявлений у 2023 р. ефект структурної компенсації маси насіння був безпосередньо пов'язаний із частковим недозапиленням квіток, спричиненим

зниженням активності бджіл. Менша кількість повноцінно запліднених квіток у кошику призводила до зменшення чисельності насінин, що формували стік асимілянтів. За умов відносно стабільної асиміляційної здатності рослин це забезпечувало перерозподіл ресурсів на користь окремих насінин і проявлялося у збереженні або навіть зростанні показника маси 1000 насінин. Середня маса 1000 по гербіцидах становила 58,2 г, що лише на 3% менше за контроль, тобто негативний ефект зниження активності бджіл був значною мірою компенсований. За умов року з більш рівномірним перебігом погодних факторів навіть за деякого зменшення інтенсивності відвідування кошиків бджолами запилення залишалося достатнім для формування фізіологічно повноцінного насіння. Показово, що у варіанті Примекстра ТЗ Голд + Яструб маса 1000 насінин перевищувала контроль на 7%. Це свідчило про те, що за помірного зниження активності бджіл вирішальним ставав не сам факт її зменшення, а якість і рівномірність запилення, які в поєднанні з ефективним контролем бур'янів забезпечували оптимальні умови для формування насіння. Подібний ефект у літературі розглядається як прояв структурної компенсації врожаю за умов часткового недозапилення [182, 184]. Водночас гербіцид Геліантекс і у 2023 році спричиняв істотне зниження маси 1000 (-18%), що підтверджувало стабільність його негативного впливу на систему «запилення – формування насіння» незалежно від умов року. Натомість у гібриду Сувекс середнє зниження маси 1000 становило близько 10%, що вказує на вищу чутливість до порушення повноти запилення та менш ефективну компенсацію нерівномірного формування насінин у кошику (табл.3.10).

Подібні генотипові відмінності у реакції на рівень запилення описані Rondanini та ін. [182]. Ймовірно, у цьому випадку поєднувалися зниження активності бджіл та погіршення умов для ефективного запліднення квіток, що призводило до формування меншої кількості повноцінних насінин із обмеженим потенціалом наливу.

Таблиця 3.10

**Маса 1000 насінин гібридів соняшника залежно від
гербіцидної технології, г, 2023 р.**

Гербицид (А)	Гібрид (В)				Прибавка до контролю							
	Білоба	Неома	Сувекс	Середнє	Білоба		Неома		Сувекс		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г				± г	%	± г	%	± г	%	± г	%
Контроль	68	56	57	60	—	—	—	—	—	—	—	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	61	66	64	64	-7	-10	10	18	7	12	4	7
Екліпс + Філдер	58	61	51	57	-10	-15	5	9	-6	-11	-3	-5
Геліантекс	48	47	51	49	-20	-29	-9	-16	-6	-11	-11	-18
Стелс	62	59	55	59	-6	-9	3	5	-2	-4	-1	-2
Челендж	57	68	56	60	-11	-16	12	21	-1	-2	0	0
Середнє	59	59	55	58,2	-9	-13	+3	6	-1	-2	-1	-3
НІР ₀₅ , г:	А – 1,5; В – 2,1; АВ – 3,3											

2024 рік характеризувався поєднанням несприятливих гідротермічних умов у період цвітіння та наливу насіння, що суттєво ускладнило реалізацію продуктивного потенціалу соняшнику. У контрольному варіанті маса 1000 насінин становила в середньому 52 г, що було істотно нижче порівняно з попередніми роками досліджень. Таке зниження відповідає типовій реакції культури на водний і температурний стрес, проте в межах даного розділу важливо підкреслити, що абіотичний стрес безпосередньо впливав і на процеси ентомозапилення, посилюючи опосередкований вплив технологічних чинників.

За умов дефіциту вологи та підвищених температур у 2024 році спостерігалось зменшення нектаропродуктивності квіток соняшнику, скорочення тривалості фази активного цвітіння окремих кошиків та зниження привабливості посівів для бджіл. Відомо, що за таких умов бджоли скорочують тривалість перебування на кошику та вибірково відвідують лише частину квіток, що призводить до асинхронного й нерівномірного запилення трубчастих квіток. У поєднанні з дією гербіцидних технологій це створювало умови для істотного

порушення повноти запилення навіть у варіантах із загальним стабільним ростом рослин.

В умовах 2024 року зниження активності бджіл у період цвітіння поєднувалося з абіотичним стресом, що посилювало негативний вплив неповного запилення на формування врожаю. В окремих гібридів часткове недозапилення не супроводжувалося критичним пригніченням асиміляційних процесів, що дозволяло реалізувати компенсаторне збільшення маси окремої насінини. В інших випадках зниження активності бджіл поєднувалося з обмеженням фізіологічних можливостей рослин, унаслідок чого зменшувалися як кількість, так і маса насіння. Середнє значення маси 1000 насінин (52,5 г) перебувало на рівні або дещо перевищувало контроль (+1%), що на перший погляд може створювати враження відсутності негативного впливу технології. Проте детальний аналіз за гібридами свідчив, що така «стабільність» є наслідком структурної перебудови врожаю, безпосередньо пов'язаної з порушенням ентомозапилення.

У гібриду Сувекс середня маса 1000 насінин у гербіцидних варіантах перевищувала контроль на 14%, що чітко вказує на компенсаторний механізм формування насіння. За умов зниження активності бджіл і часткового недозапилення у кошику формувалася менша кількість повноцінно запліднених квіток, що зменшувало масу 1000 насінин.

За відносно стабільної роботи фотосинтетичного апарату це призводило до перерозподілу ресурсів на користь меншої кількості насінин, які, відповідно, формували більшу масу. Ймовірно, підвищення маси 1000 у цього гібриду слід розглядати не як позитивний ефект технології, а як індикатор часткового недозапилення та зменшення щільності насінин у кошику.

Водночас у гібриду Білоба середня маса 1000 насінин у 2024 році зменшилася на 8% порівняно з контролем. Така реакція свідчила про інший сценарій розвитку подій: зниження активності бджіл і повноти запилення поєднувалося з обмеженням фізіологічної здатності рослин компенсувати стресові умови року (табл.3.11).

Таблиця 3.11

**Маса 1000 насінин гібридів соняшника залежно від
гербіцидної технології, г, 2024 р.**

Гербіцид (А)	Гібрид (В)				Прибавка до контролю							
	Білоба	Неома	Сувекс	Середнє	Білоба		Неома		Сувекс		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г				± г	%	± г	%	± г	%	± г	%
Контроль	58	50	46	52	—	—	—	—	—	—	—	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	49	49	51	50	-9	-16	-1	-2	5	11	-2	-4
Екліпс + Філдер	53	50	55	53	-5	-9	0	0	9	20	1	2
Геліантекс	50	49	54	51	-8	-14	-1	-2	8	17	-1	-2
Стелс	55	53	52	53	-3	-5	3	6	6	13	1	2
Челендж	56	55	56	56	-2	-3	5	10	10	22	4	8
Середнє	53	51	52	52	-4	-8	+1	2	+6	14	+0,5	-5
НІР ₀₅ , г:	А – 1,3; В – 1,8; АВ – 3,1											

У цьому випадку зменшувалися як кількість сформованих насінин, так і інтенсивність їх наливу, що є типовим проявом каскадного негативного ефекту: порушене запилення → зменшення діаметра кошика → скорочення кількості насінин → зниження маси окремої насінини.

При цьому гібрид Неома у 2024 році займав проміжне положення, демонструючи відносну стабільність маси 1000 насінин. Це може свідчити про більш збалансовану реакцію на поєднання стресових чинників, зокрема про здатність частково компенсувати зниження повноти запилення без різкого зменшення інтенсивності наливу насіння (див. табл.3.11).

Результати 2024 року чітко показали, що за стресових умов вплив гербіцидної технології на масу 1000 насінин реалізувався переважно через зміну умов ентомозапилення, а не лише через прямий фізіологічний вплив на рослини. Зменшення активності бджіл у поєднанні з абіотичними стресами ініціювало структурну перебудову врожайності, яка може проявлятися як у вигляді компенсаторного зростання маси окремої насінини, так і у вигляді її зниження, залежно від генотипових особливостей гібридів та їх здатності підтримувати

баланс між кількістю насінин і їх наливом. Можна стверджувати, що урожайність соняшнику є інтегральним показником, який відображає сукупну дію генотипових, агротехнічних і погодних чинників. У нашому досліді вона коливалася залежно від гібриду, гербіцидної системи та погодних умов років.

Відхилення від середньої дисперсії дозволяє оцінити стабільність гібридів і реакцію на технологічні умови вирощування. На побудованому графіку (рис. 3.4) наведено середні відхилення урожайності трьох гібридів соняшнику (Білоба, Неома, Сувекс) на контрольному варіанті та за застосування гербіцидів у середньому за 2022–2024 рр.

У 2022 році, який характеризувався оптимальним зволоженням і помірними температурами, урожайність усіх гібридів перевищувала середню багаторічну норму і відхилення мало позитивне значення. У цей період гербіцидне навантаження практично не впливало на рівень продуктивності, а відмінності між варіантами залишалися в межах похибки. У 2023 році, коли спостерігалася часткова посуха в липні, відхилення у бік зниження були більш вираженими, особливо на гібриді Сувекс, що свідчило про його чутливість до стресових умов (див. рис.3.4).

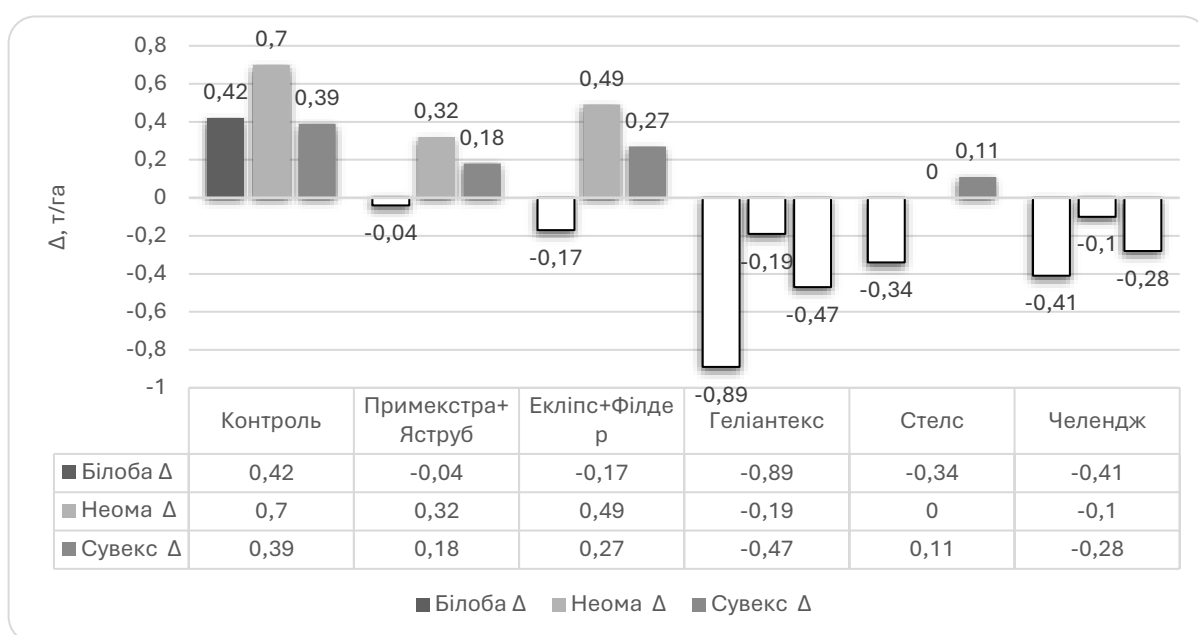


Рис.3.4. Відхилення від середньої дисперсії урожайності гібридів соняшнику за різних гербіцидних технологій, т/га, 2022–2024 рр.

У контрольному варіанті всі гібриди формували додатні відхилення від середнього рівня: у гібрида Білоба +0,35 т/га, у Неома +0,95 т/га, у Сувекс +0,63 т/га, що свідчило про повну реалізацію продуктивного потенціалу за відсутності гербіцидного стресу.

Застосування бакової суміші Примекстра ТЗ Голд + Яструб супроводжувалося незначними від'ємними відхиленнями: у Білоби -0,12 т/га, у Неоми +0,02 т/га (на рівні середнього), у Сувекса -0,17 т/га, що підтверджує відносно м'яку дію цієї гербіцидної комбінації.

У варіанті Екліпс + Філдер відхилення були більш вираженими і становили: -0,46 т/га у Білоби, -0,05 т/га у Неоми та +0,04 т/га у Сувекса, що свідчило про диференційовану реакцію гібридів на дану схему.

Найбільш негативний вплив зафіксовано у варіанті з гербіцидом Геліантекс, де відхилення становили: -0,98 т/га у Білоби, -0,13 т/га у Неоми та -0,75 т/га у Сувексу. При застосуванні гербіциду Стелс відхилення становили: -0,29 т/га у Білоби, +0,05 т/га у Неоми та +0,04 т/га у Сувекса, що свідчило про відносно стабільну або навіть компенсовану реакцію окремих гібридів.

Гербіцид Челендж зумовив істотне зниження урожайності, де відхилення становили: -0,73 т/га у Білоби, -0,05 т/га у Неоми та -0,41 т/га у Сувекса.

У цілому було встановлено, що амплітуда відхилень урожайності залежала як від типу гербіциду, так і від генотипових особливостей гібридів. Найбільш стабільну реакцію продемонстрував гібрид Неома, у якого відхилення коливалися в межах -0,13...+0,95 т/га, тоді як у гібрида Білоба амплітуда була найбільшою (-0,98 +0,35 т/га), що свідчило про його підвищену чутливість до гербіцидного навантаження (див. рис. 3.4).

Кореляційний аналіз показав наявність тісного позитивного зв'язку між привабливістю квіток соняшнику для медоносних бджіл та урожайністю насіння ($r = 0,95$). Такий високий коефіцієнт кореляції свідчив, що збільшення інтенсивності відвідування кошиків запилювачами прямо сприяло підвищенню продуктивності гібридів. Отримані результати узгоджуються з численними

дослідженнями, які доводять роль комах-запилювачів у формуванні повноцінного насіння та підвищенні маси 1000 насінин. В умовах наших досліджень, коли активність бджіл зменшувалася під впливом гербіцидного навантаження або посушливих погодних умов, відповідно знижувалася і урожайність (рис. 3.5).

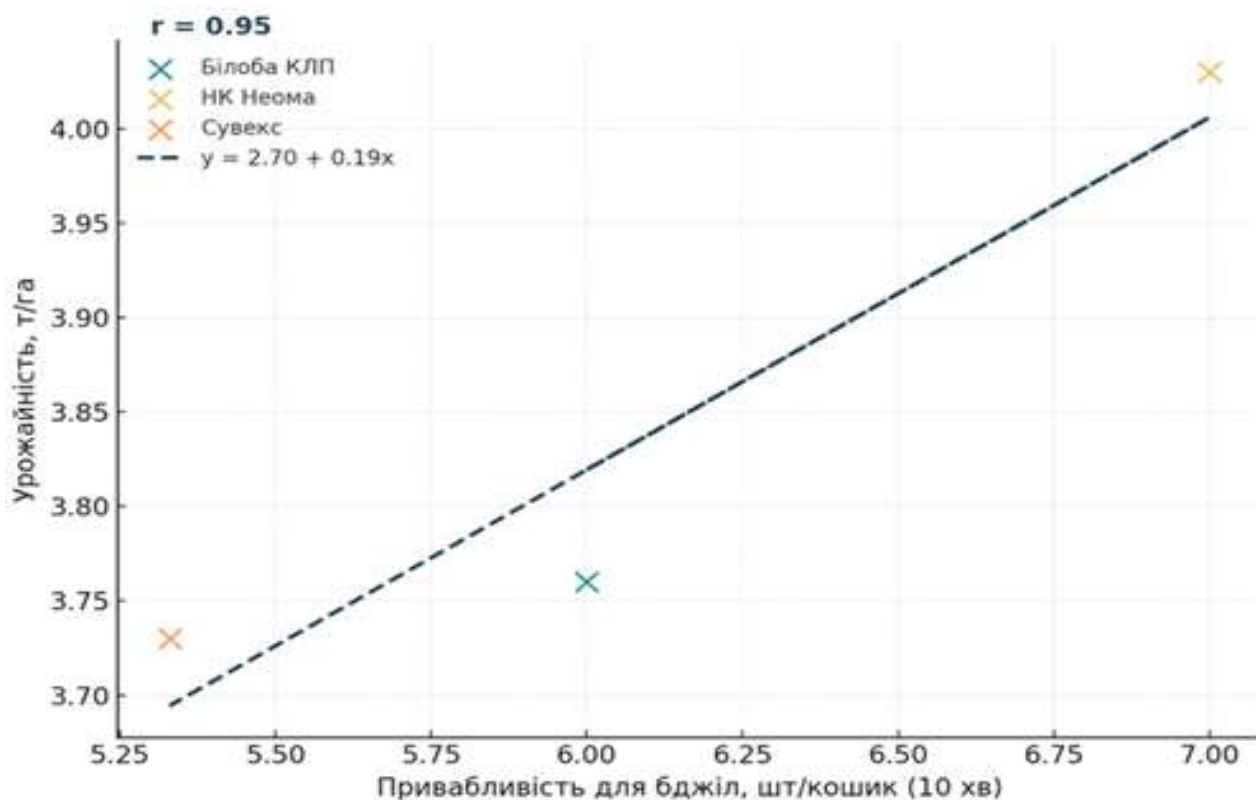


Рис. 3.5. Залежність урожайності соняшнику від привабливості для бджіл (2022–2024 рр.)

Згідно з побудованим рівнянням регресії ($y = 2,40 + 0,23x$), можна зробити висновок, що кожна додаткова бджола, яка відвідувала суцвіття протягом 10 хвилин, забезпечувала підвищення урожайності приблизно на 0,23 т/га. Найвищі значення урожайності та активності запилювачів спостерігалися у гібриду Неома, тоді як найнижчі – у гібриду Сувекс. Це свідчило про генетично зумовлені відмінності між гібридами у формуванні нектару, пилку та інших факторів, що впливали на привабливість квіток.

Варто зазначити, що погодні умови суттєво модифікували силу та характер цього зв'язку. У роки з достатнім зволоженням і помірними температурами

(2022–2023 рр.) кореляція між активністю бджіл і урожайністю залишалася високою, тоді як у посушливому 2024 р. вона послаблювалася внаслідок одночасного впливу водного стресу на обидва показники. Гербіцидні технології, зокрема післясходові обробки, зменшували привабливість рослин для бджіл, тим самим опосередковано впливаючи на рівень запилення й урожайності. Результати дослідження підтверджують тісний взаємозв'язок між екологічними умовами, біологічними особливостями гібридів і технологічними прийомами, що визначають кінцеву продуктивність соняшнику.

Таким чином встановлено, що активність бджіл була визначальною ланкою у реалізації впливу гербіцидних технологій на формування врожайності соняшнику. Зниження повноти ентомозапилення призводило до порушення морфологічної реалізації кошика, скорочення кількості сформованих насінин і зміни характеру їх наливу, що безпосередньо відображалось на масі 1000 насінин і рівні урожайності культури. За різних умов року цей вплив частково компенсувався, або навпаки – посилювався, що зумовлювало різноспрямовану реакцію гібридів. Отримані дані підтвердили, що оцінка ефективності технологій вирощування соняшнику повинна обов'язково враховувати їх опосередкований вплив на ентомозапилення, особливо в умовах кліматичних стресів. Активність бджіл у посівах соняшнику за різних технологій вирощування мала чітко виражений кількісний характер і змінювалася залежно від року та застосованого гербіцидного навантаження. У контрольному варіанті середня відвідуваність кошиків становила 6,0–6,2 бджоли на кошик за 10 хв, тоді як у гербіцидних варіантах вона знижувалася до 4,1–5,3 бджоли залежно від гербіциду та умов року. Кореляційний аналіз свідчив про тісний функціональний зв'язок, у межах якого активність запилювачів була одним із ключових лімітуючих факторів: коефіцієнт кореляції між активністю бджіл і масою 1000 насінин становив $r = 0,62\text{--}0,78$, а з урожайністю – $r = 0,71\text{--}0,95$, залежно від року досліджень. Це свідчило про те, що від 38% до 90% варіації продуктивних показників пояснювалося саме рівнем ентомозапилення. Вплив гербіцидних технологій на продуктивність культури реалізувався переважно опосередковано – через зміну

привабливості посівів для запилювачів і, відповідно, повноти та рівномірності запилення квіток, а не через прямий фітотоксичний ефект на рослини. За стресових умов 2024 року цей механізм проявлявся найчіткіше, тоді як у 2022–2023 роках часткове зниження активності бджіл у ряді варіантів компенсувалося структурною перебудовою врожаю (Дод. Б 4–Б 6).

3.2. Вплив густоти рослин на урожайність та показники якості гібридів соняшнику

Густота рослин на момент збирання є одним із ключових елементів технології вирощування соняшнику, який визначає умови формування врожаю та його показники якості. На відміну від запланованої норми висіву, фактична густота рослин до збирання інтегрує вплив комплексу чинників – польової схожості, умов проростання, конкурентних взаємодій, дії гербіцидів, абіотичних стресів та збереженості рослин протягом вегетації. Саме тому аналіз густоти на момент збирання дозволяє більш об'єктивно оцінити реакцію культури на технологічні та екологічні умови вирощування.

Зміна густоти рослин безпосередньо впливає на характер міжрослинної конкуренції за світло, воду та елементи мінерального живлення, що визначає морфофізіологічну реалізацію окремої рослини та агроценозу в цілому. За підвищеної густоти посилюється конкуренція, що може призводити до зменшення діаметра кошика, маси насіння та показників його якості, тоді як за зниження густоти зростає індивідуальна продуктивність рослин, але не завжди компенсується зменшення їх кількості на одиниці площі. Оптимальна густота є результатом балансу між чисельністю рослин і продуктивністю кожної з них.

Важливою особливістю сучасних гібридів соняшнику є їхня різна пластичність щодо густоти, що зумовлена генетичними відмінностями у архітектурі рослин, інтенсивності росту та здатності до компенсації елементів структури врожайності. Це зумовлює необхідність диференційованої оцінки впливу густоти на урожайність та показники якості насіння залежно від гібриду

і умов року. Нами було встановлено закономірності впливу фактичної густоти рослин на момент збирання на урожайність та показники якості гібридів соняшнику за різних умов вирощування.

Результати досліджу з вивчення густоти рослин демонстрували чіткі тенденції у реакції врожайності соняшника на зміну цього показника. Дослідження показало, що густота рослин соняшника значною мірою вплинула на конкурентні взаємодії між ними та їхню здатність використовувати доступні ресурси, включаючи воду, поживні речовини та світло в умовах Степу.

У 2022 р. за відносно сприятливого гідротермічного режиму чітко проявився типовий для соняшнику характер реакції на зміну густоти рослин. (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти рослин на
момент збирання, т/га, 2022 р.**

Густота, тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Урожайність, т/га			± т/га	%	± т/га	%	± т/га	%
35	4,15	3,15	3,65	0,00	0,0	-0,39	-11,0	-0,20	-5,2
40	4,33	3,82	4,08	+0,18	+4,3	+0,28	+7,9	+0,23	+6,0
45	4,66	3,91	4,29	+0,51	+12,3	+0,37	+10,5	+0,44	+11,4
50	4,26	3,92	4,09	+0,11	+2,7	+0,38	+10,7	+0,24	+6,2
55	4,35	3,86	4,11	+0,20	+4,8	+0,32	+9,0	+0,26	+6,8
60 (контроль)	4,15	3,54	3,85	—	—	—	—	—	—
65	4,06	3,57	3,82	-0,09	-2,2	+0,03	+0,8	-0,03	-0,8
НІР ₀₅ , т/га	А – 0,14; В – 0,12; АВ – 0,28								

За цих умов формування врожаю відбувалося за відсутності жорстких обмежень з боку водних та температурних факторів, що дозволяло повніше реалізувати потенціал індивідуальної продуктивності рослин. Зменшення густоти порівняно з контролем (60 тис. рослин/га) призводило до послаблення міжрослинної конкуренції за світло, вологу та елементи живлення, що сприяло

[illegible]

За таких умов густота рослин набувала додаткового значення як фактор, що визначав стійкість агроценозу до коливань зовнішнього середовища. Гібрид Білоба продемонстрував високу екологічну пластичність, адже підвищення урожайності у нього порівняно з контролем спостерігалось в широкому діапазоні густот (40–55 тис. рослин/га), що свідчило про здатність гібриду ефективно адаптуватися як до помірного розрідження, так і до відносно щільних посівів

У цих варіантах забезпечувалося оптимальне використання ресурсів середовища без різкого зростання внутрішньоценотичної конкуренції.

На відміну від Білоби, Дакстон у 2023 році виявив чітку негативну реакцію на зниження густоти. За більшості розріджених варіантів урожайність була істотно нижчою за контроль, що вказувало на обмежену здатність гібриду компенсувати зменшення кількості рослин за рахунок індивідуальної продуктивності. Лише за густоти близької до контрольної (55 тис. рослин/га), урожайність наближалася до оптимального рівня (див. табл. 3.13).

2024 рік характеризувався стресовими умовами вегетації, що суттєво змінило характер реакції соняшнику на густоту рослин (табл.3.14).

Таблица 3.14

Урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти рослин на момент збирання, т/га, 2024 р.

Густота, тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Урожайність, т/га			± т/га	%	± т/га	%	± т/га	%
35	1,21	1,82	1,52	-0,39	-24,4	+0,44	+31,9	+0,03	+2,0
40	1,41	1,80	1,61	-0,19	-11,9	+0,42	+30,4	+0,12	+8,1
45	1,57	1,69	1,63	-0,03	-1,9	+0,31	+22,5	+0,14	+9,4
50	1,84	1,61	1,73	+0,24	+15,0	+0,23	+16,7	+0,24	+16,1
55	2,00	1,58	1,79	+0,40	+25,0	+0,20	+14,5	+0,30	+20,1
60 (контроль)	1,60	1,38	1,49	—	—	—	—	—	—
65	1,30	1,17	1,24	-0,30	-18,8	-0,21	-15,2	-0,25	-16,8
HIP ₀₅ , т/га	A – 0,10; B – 0,08; AB – 0,13								

За таких умов загальний рівень урожайності був істотно нижчий порівняно з попередніми роками, однак роль оптимальної густоти у формуванні врожаю значно зросла. Для гібриду Білоба найбільш сприятливими виявилися густоти 50–55 тис. рослин/га, за яких урожайність перевищувала контроль на 15–25%

Це свідчило про те, що в умовах водного дефіциту помірне зниження густоти дозволяло зменшити конкуренцію за вологу та забезпечити кращу реалізацію продуктивності окремих рослин. Водночас, як надмірне розрідження (35 тис. рослин/га), так і загущення (65 тис. рослин/га) призводили до суттєвого зниження урожайності.

Гібрид Дакстон у 2024 р. демонстрував менш виражену реакцію на зміну густоти, однак загальна тенденція була подібною: найвищі показники урожайності формувалися за густоти 50–55 тис. рослин/га. За зменшення густоти нижче 40 тис. рослин/га або за загущення до 65 тис. рослин/га урожайність істотно знижувалася, що свідчило про обмежену компенсаторну здатність гібриду в умовах стресу. У середньому по гібридах у 2024 р. оптимальною була густота 50–55 тис. рослин/га, яка забезпечувала максимальну стабільність врожаю за дефіциту вологи (див. табл.3.14).

Зміни урожайності гібридів соняшнику за різної густоти рослин зумовлювалися не лише масою насіння, а й кількістю сформованих насінин у кошику.

Саме кількість насінин є первинним елементом структури врожайності, який безпосередньо реагує на зміну густоти рослин і визначає потенціал реалізації урожайності. У зв'язку з цим, доцільно проаналізувати вплив густоти рослин на кількість насінин у кошику за роками досліджень.

У 2022 р. чітко проявилася закономірність: за зменшення густоти (35–40 тис./га) кількість насінин у кошику зростала, а за загущення (65 тис./га) – знижувалася. Для обох гібридів максимальні значення сформувалися у розріджених варіантах, що є типовою реакцією соняшнику на ослаблення внутрішньоценотичної конкуренції: рослина формувала більший кошик і більшу

кількість потенційно продуктивних квіток, з яких за сприятливих умов утворювалося більше насінин (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

**Кількість насінин у кошику гібридів соняшника залежно від
густоти рослин, шт., 2022 р.**

Густота тис./га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Кількість насінин в 1 кошику, шт			± шт	%	± шт	%	± шт	%
35	2255	1903	2079	+814	+56	+699	+58	+756	+57
40	1973	1949	1961	+532	+37	+745	+62	+638	+48
45	2157	1738	1948	+716	+50	+534	+44	+625	+47
50	1739	1600	1670	+298	+21	+396	+33	+347	+26
55	1648	1404	1526	+207	+14	+200	+17	+203	+15
60 (контроль)	1441	1204	1323	—	—	—	—	—	—
65	1249	1098	1174	-192	-13	-106	-9	-149	-11
Середнє	1771	1557	1664	+337	+23	+236	+20	+287	+22
НІР ₀₅ , шт.	А – 124; В – 97; АВ – 231								

Генотиповий ефект у 2022 р. був вираженим: за однакової густоти Білоба формував більше насінин у кошику, ніж Дакстон, і ці відмінності у ключових варіантах були суттєвими на рівні НІР: різниця між гібридами на контролі (60 тис./га) становила 237 шт. (1441 проти 1204), що перевищувало НІР₀₅ для фактора «гібрид» (В = 97 шт.), тобто різниця була статистично достовірною. Аналогічно, у варіанті 35 тис./га різниця становила 352 шт. (2255 проти 1903). Також > НІР₀₅(В), що підтверджувало стабільну перевагу Білоби за ознакою кількості насінин у кошику саме як генотипну особливість.

Якщо оцінювати вплив густоти в межах кожного гібриду, то перехід від контролю (60 тис./га) до 35 тис./га давав збільшення кількості насінин +814 шт. у Білоби та +699 шт. у Дакстона, – ці зміни значно перевищували НІР₀₅ для фактора «густота» (А = 124 шт), тобто вплив густоти був високодостовірним. Натомість загушення до 65 тис./га знижувало ознаку (192 шт. у Білоби і – 106 шт.

у Дакстона); у Білоби спад перевищував $НІР_{05}(A)$, у Дакстона був близький до порога, що вказувало на більш м'яку реакцію генотипу Дакстона на загущення саме за кількістю насінин. Збільшення кількості насінин у кошику за зрідження створювало потужний потенціал урожайності на рівні рослини, але реальна урожайність на гектар була результатом балансу «продуктивність рослини \times кількість рослин». Саме тому максимальні прибавки насінин спостерігалися за 35–45 тис./га, а оптимум урожайності зміщувався до 45–55 тис./га, де комбінація між насінинами в кошику та чисельністю рослин на площі показала найвищу врожайність (див. табл. 3.15). За оптимальних рівнів густоти забезпечувалося найбільш ефективне використання світлових, водних і поживних ресурсів агроценозу. Цей механізм «компенсації густоти через елементи кошика» описаний у класичних роботах із фізіології та технології соняшнику: при зниженні густоти рослина компенсує врожай через більший кошик і більшу кількість насінин, а при підвищенні – через збільшення густоти на площі при меншому кошику [179, 181–182].

У 2023 р. спостерігався ще сильніший компенсаторний ефект у варіантах низької густоти, особливо у гібрида Білоба, який за 35 тис./га сформував 2087 насінин у кошику, що на +1047 шт. (+101%) більше контролю, тоді як у Дакстона прибавка склала +329 шт. (+31%). Такі контрасти між гібридами означають, що в умовах 2023 р. генотипові особливості істотно визначали рівень реалізації компенсаторних механізмів формування елементів продуктивності, зокрема кількості насінин у кошику. Саме пластичність генотипу (здатність збільшувати репродуктивну ємність кошика) визначала, наскільки ефективно рослина витримувала зрідження/загущення. Різниця між гібридами у варіанті 35 тис./га становила 696 шт. (2087 проти 1391) і багаторазово перевищувала $НІР_{05}(B = 90)$, тобто відмінність була не випадковою, а статистично доведеною. Середній показник за густотою у 2023 р. для Білоби становив 1549 насінин (з прибавкою до контролю +509 шт., або +49%), тоді як у Дакстона – відповідно 1140 насінин (+78 шт., або +7%) (табл.3.16).

Таблиця 3.16

**Кількість насінин у кошику гібридів соняшника залежно від
густоти рослин, шт., 2023 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Кількість насінин в 1 кошику, шт.			± шт.	%	± шт.	%	± шт.	%
35	2087	1391	1739	+1047	+101	+329	+31	+688	+65
40	1854	1218	1536	+814	+78	+156	+15	+485	+46
45	1713	1175	1444	+673	+65	+113	+11	+393	+37
50	1426	1108	1267	+386	+37	+46	+4	+216	+21
55	1303	1062	1183	+263	+25	0	0	+132	+13
60 (контроль)	1040	1062	1051	—	—	—	—	—	—
65	913	887	900	-127	-12	-175	-16	-151	-14
Середнє	1549	1140	1345	+509	+49	+78	+7	+294	+28
НІР ₀₅ , шт.	А – 118; В – 90; АВ – 222								

Це пояснює, чому гібрид Білоба міг зберігати/підвищувати продуктивність у ширшому діапазоні густот, а Дакстон втрачав урожайність при сильному розрідженні: у нього був слабший механізм компенсації через кількість насінин (див. табл. 3.16).

Статистично важливо, що у 2023 р. навіть відносно малі зміни густоти в межах 40–55 тис./га супроводжувалися стабільними змінами кількості насінин, які в більшості випадків перевищували НІР₀₅ (А = 118). Це означає, що густота реально впливала на один з провідних елементів структури врожайності, а не була на рівні похибки (див. табл. 3.16).

Порівняння з літературою підтверджує отриману закономірність: багато досліджень показують, що при підвищенні густоти соняшник, як правило, зменшує кількість насінин на кошик і масу насіння на рослину, хоча врожайність

з площі може зростати до певного оптимуму через більшу кількість рослин [181, 183–184]. У роботах, де аналізували здатність соняшнику до компенсації, підкреслюється, що компенсація здійснюється через розмір кошика, кількість насінин та середню масу насінини, і сила цієї компенсації є генотипово залежною [182, 185].

У 2024 р., що характеризувався стресовими гідротермічними умовами, виявлена закономірність впливу густоти рослин на кількість насінин у кошику набула більш складного характеру. Так, у гібриду Білоба максимальні значення кількості насінин формувалися за густоти 35–40 тис. рослин/га (1407–1410 шт.), тоді як подальше підвищення густоти до 45–50 тис. рослин/га супроводжувалося різким зниженням цього показника (858–857 шт.). Така динаміка свідчила про те, що в умовах 2024 р. формування насінин визначалося не лише щільністю агроценозу, а й дією абіотичних стрес-факторів, які обмежували реалізацію репродуктивного потенціалу культури на критичних етапах органогенезу, зокрема під час цвітіння, запилення та початкових фазах наливу насіння. Подібні різкі зниження кількості насінин у кошику є типовими для умов поєднання високих температур і дефіциту вологи, що призводять до часткової абортції зав'язі та недорозвитку насінин [180, 181].

У гібриду Дакстон у 2024 р. реакція на зміну густоти була менш контрастною. Як і у попередньому році, за густоти 35–40 тис. рослин/га кількість насінин у кошику також перевищувала контрольний варіант, однак зниження показника за загущення посівів було поступовим і не супроводжувалося різкими провалами. За густоти 65 тис. рослин/га кількість насінин практично не відрізнялася від контролю (740 шт. проти 742 шт.), що вказувало на іншу адаптивну стратегію генотипу, яка характеризувалася меншою амплітудою змін кількості насінин залежно від густоти, але водночас і меншою здатністю до нарощування репродуктивної ємності кошика за розрідження посівів. У гібриду Білоба різниця між варіантом 40 тис. рослин/га і контролем становила +412 шт., що істотно перевищувало HP_{05} для фактора густоти (84 шт.) і підтверджувало статистичну достовірність прибавки. Аналогічно, зниження кількості насінин за

густоти 65 тис. рослин/га відносно контролю (-228 шт.) також перевищувало НІР₀₅ (табл.3.17).

Таблиця 3.17

**Кількість насінин у кошику гібридів соняшника залежно від
густоти рослин, шт., 2024 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Кількість насінин в 1 кошику, шт			± шт	%	± шт	%	± шт	%
35	1407	1020	1214	+409	+41	+278	+37	+344	+40
40	1410	900	1155	+412	+41	+158	+21	+285	+33
45	858	895	877	-140	-14	+153	+21	+7	+1
50	857	831	844	-141	-14	+89	+12	-26	-3
55	913	804	859	-85	-9	+62	+8	-11	-1
60 (контроль)	998	742	870	—	—	—	—	—	—
65	770	740	755	-228	-23	-2	0	-115	-13
Середнє	1036	865	951	+38	+4	+123	+17	+81	+9
НІР ₀₅ , шт	А – 84; В – 66; АВ – 189								

У гібриду Дакстон збільшення кількості насінин за густоти 35 тис. рослин/га (+278 шт.) було статистично значущим, тоді як відмінність між варіантом 65 тис. рослин/га і контролем (-2 шт.) була меншою за НІР і не мала статистичної значущості. Отже, у 2024 р. вплив густоти рослин на кількість насінин у кошику був суттєвим у гібриду Білоба, але значно слабше проявлявся у гібриду Дакстон (див. табл. 3.18).

Інтерпретація зв'язку між кількістю насінин у кошику та урожайністю в 2024 р. повинна враховувати зміну лімітуючих факторів у стресових умовах. За дефіциту вологи та стресоднів вирішальним було не лише формування кількості насінин, а й здатність фотосинтетичного апарату забезпечити їх асиміляцією в період наливу. За таких умов можливий сценарій, за якого варіанти з меншою кількістю насінин забезпечують відносно вищу урожайність завдяки підвищеній середній масі насінини або кращій виповненості, оскільки обмежена кількість

стоків отримує більший потік асимілянтів. Саме тому в стресові роки класичний зв'язок «зменшення густоти → збільшення кількості насінин → зростання урожайності» послаблюється і потребує комплексної інтерпретації з урахуванням маси 1000 насінин та інших показників якості продукції [180–181,184]. У наукових дослідженнях також підкреслюється, що соняшник здатен компенсувати зміну густоти через перерозподіл між кількістю насінин у кошику та їх середньою масою, проте за умов інтенсивного абіотичного стресу така компенсація є неповною [181–182,186].

Отримані результати свідчать, що густота рослин істотно впливала на кількість насінин у кошику, проте цей показник не завжди безпосередньо трансформувався у відповідні зміни урожайності, особливо за стресових умов року. Формування врожайності соняшнику було результатом взаємодії елементів його структури, серед яких кількість насінин визначала потенційну продуктивність кошика, а маса окремої насінини – ступінь реалізації цього потенціалу.

У роки з обмежувальними гідротермічними умовами зменшення кількості насінин у кошику може супроводжуватися підвищенням середньої маси насінини внаслідок перерозподілу асимілянтів між меншою кількістю репродуктивних органів. Натомість за сприятливих умов інтенсивне формування насінин часто супроводжується їх відносним зменшенням за масою 1000 [179–182]. Для повного розуміння механізмів формування урожайності та пояснення виявлених відмінностей між гібридами і варіантами густоти необхідно перейти до аналізу маси 1000 насінин як інтегрального показника виповненості та ефективності наливу насіння.

Маса 1000 насінин є одним з основних показників якості насіннєвої продукції соняшнику та важливим елементом структури врожайності, що характеризує рівень виповненості насіння та умови його формування в період наливу. На відміну від кількості насінин у кошику, яка визначається переважно в фазі цвітіння, маса окремої насінини формується на завершальних етапах

вегетації й відображає сумарний вплив агротехнічних і погодних факторів упродовж тривалого часу [182].

Густота рослин суттєво впливає на масу насіння через зміну архітекtonіки рослин, інтенсивності міжрослинної конкуренції та мікрокліматичних умов у посіві. За зменшення густоти, як правило, покращуються умови освітлення й повітрообміну в посівах, що сприяє повнішому наливу насіння, тоді як за надмірного загущення формуються передумови для зниження маси насінини внаслідок посилення конкурентних взаємодій між рослинами. Особливе значення показник маси 1000 насінин має в роки з несприятливими гідротермічними умовами, коли обмежується тривалість та інтенсивність наливу. У таких ситуаціях маса насіння чутливо реагує на зміну густоти та може істотно варіювати між гібридами залежно від їх біологічних особливостей і адаптивного потенціалу. У зв'язку з цим, аналіз маси 1000 насінин у різні роки досліджень та за різної густоти рослин є необхідним для поглибленої оцінки реакції гібридів соняшнику на агротехнічні умови вирощування і пояснення виявлених відмінностей у формуванні урожайності та якості насіннєвої продукції. На відміну від показників, пов'язаних із закладанням генеративних органів, маса насіння формується впродовж тривалого часу і є результатом взаємодії агротехнічних прийомів, погодних умов та біологічних особливостей гібридів. Саме тому реакція маси 1000 насінин на зміну густоти рослин характеризується значною варіабельністю і потребує аналізу в багаторічному аспекті.

Аналіз результатів за 2022–2024 рр. показав, що характер впливу густоти рослин на момент збирання на масу 1000 насінин змінювався залежно від умов року, однак при цьому простежувалися загальні закономірності, які дозволяють інтерпретувати реакцію культури в динаміці.

За відносно сприятливих умов 2022 року зменшення густоти рослин на момент збирання до 35 тис. рослин/га супроводжувалося різким і статистично достовірним зростанням маси 1000 насінин у обох гібридів. Прибавки порівняно з контролем у Білоби (+15,0 г) та Дакстона (+20,0 г) у багато разів перевищували

НІР₀₅ для фактора густоти (0,67 г), що свідчило про високий ступінь реалізації потенціалу виповненості насіння за умов розрідженого стеблостою на завершальних етапах розвитку (табл.3.18).

Таблиця 3.18

Маса 1000 насінин гібридів соняшника за різної густоти рослин, г, 2022 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г			± г	%	± г	%	± г	%
35	63,0	69,0	66,0	+15,0	+31,3	+20,0	+40,8	+18,0	+36,1
40	48,0	49,0	48,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	48,0	50,0	49,0	0,0	0,0	+1,0	+2,0	+0,5	+1,0
50	49,0	49,0	49,0	+1,0	+2,1	0,0	0,0	+0,5	+1,0
55	48,0	50,0	49,0	0,0	0,0	+1,0	+2,0	+0,5	+1,0
60 (контроль)	48,0	49,0	48,5	—	—	—	—	—	—
65	50,0	50,0	50,0	+2,0	+4,2	+1,0	+2,0	+1,5	+3,1
Середнє	50,6	52,4	51,5	+2,6	+5,4	+3,4	+6,9	+3,0	+6,2
НІР ₀₅ , г	А – 0,83; В – 0,67; АВ – 1,91								

У межах середніх значень густоти рослин на момент збирання (40–55 тис. рослин/га) маса 1000 насінин у більшості варіантів залишалася на рівні контролю або відрізнялася від нього в межах НІР₀₅, що вказувало на формування певного оптимуму взаємодії між кількістю рослин і умовами наливу насіння. Водночас за підвищення густоти до 65 тис. рослин/га спостерігалось помірне, але статистично підтверджене зростання маси насіння, що свідчило про нелінійний характер реакції цього показника на густоту рослин на момент збирання навіть за сприятливих умов року (див. табл. 3.18).

На тлі цих закономірностей, у 2023 р. реакція маси 1000 насінин на густоту рослин на момент збирання набула більш диференційованого характеру. Так, за мінімальної густоти (35 тис. рослин/га) у обох гібридів зберігалася тенденція до підвищення маси насіння, однак у діапазоні середніх густот спостерігалися

різноспрямовані реакції гібридів. У Білоби за густоти 40–50 тис. рослин/га відмічалось достовірне зниження маси 1000 насінин, величина якого перевищувала HP_{05} , тоді як у Дакстона в окремих варіантах фіксувалися прибавки, що також були статистично значущими (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Маса 1000 насінин гібридів соняшника за різної густоти рослин, г, 2023 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г			± г	%	± г	%	± г	%
35	66,0	69,0	67,5	+3,0	+4,8	+4,0	+6,2	+3,5	+5,5
40	52,0	71,0	61,5	-11,0	-17,5	+6,0	+9,2	-2,5	-3,9
45	58,0	63,0	60,5	-5,0	-7,9	-2,0	-3,1	-3,5	-5,5
50	61,0	63,0	62,0	-2,0	-3,2	-2,0	-3,1	-2,0	-3,1
55	61,0	69,0	65,0	-2,0	-3,2	+4,0	+6,2	+1,0	+1,6
60 (контроль)	63,0	65,0	64,0	—	—	—	—	—	—
65	64,0	59,0	61,5	+1,0	+1,6	-6,0	-9,2	-2,5	-3,9
Середнє	60,7	65,6	63,2	-2,3	-3,7	+0,6	+0,9	-0,8	-1,3
HP_{05} , г	А – 0,87; В – 0,70; АВ – 2,96								

Середні значення по густотах у 2023 році підтвердили цю відмінність: у Білоби маса насіння в середньому була нижчою за контроль, тоді як у Дакстона вона залишалася на рівні або незначно перевищувала його, що свідчило про різну чутливість гібридів до змін густоти рослин на момент збирання.

Подальший перехід до 2024 р. характеризувався істотним послабленням впливу густоти рослин на момент збирання на масу 1000 насінин. За умов вираженого гідротермічного стресу більшість відмінностей між варіантами густоти не перевищувала HP_{05} або перебувала на її межі, що вказувало на домінування погодного чинника над агротехнічним. У Білоби окремі достовірні прибавки маси насіння фіксувалися лише за мінімальної або помірної густоти, тоді як у Дакстона найбільш виражене зростання маси 1000 насінин відмічалось за густоти 55 тис. рослин/га. Водночас середні значення по густотах у 2024 р. практично не відрізнялися від контрольного варіанту, що свідчило про обмежені

можливості регуляції виповненості насіння шляхом управління густотою рослин на момент збирання в умовах інтенсивного абіотичного стресу (табл.3.20).

Таблиця 3.20

Маса 1000 насінин гібридів соняшника за різної густоти рослин, г, 2024 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Маса 1000 насінин, г			± г	%	± г	%	± г	%
35	57,0	51,0	54,0	+3,0	+5,6	-1,0	-1,9	+1,0	+1,9
40	52,0	50,0	51,0	-2,0	-3,7	-2,0	-3,8	-2,0	-3,8
45	53,0	54,0	53,5	-1,0	-1,9	+2,0	+3,8	+0,5	+1,0
50	56,0	51,0	53,5	+2,0	+3,7	-1,0	-1,9	+0,5	+1,0
55	51,0	57,0	54,0	-3,0	-5,6	+5,0	+9,6	+1,0	+1,9
60 (контроль)	54,0	52,0	53,0	—	—	—	—	—	—
65	54,0	53,0	53,5	0,0	0,0	+1,0	+1,9	+0,5	+1,0
Середнє	53,9	52,6	53,3	-0,1	-0,2	+0,6	+1,2	+0,3	+0,6
НІР ₀₅ , г	А – 0,71; В – 0,60; АВ – 2,78								

Отримані результати щодо маси 1000 насінин засвідчили, що густота рослин на момент збирання по різному впливала на завершальні етапи формування врожайності залежно від умов року та гібридних особливостей. Водночас маса насіння не формується ізольовано, а є похідною від попередніх морфоструктурних елементів, насамперед розмірів генеративного органа – кошика. Діаметр кошика визначає потенційну площу розміщення квіток, кількість зав'язей і, відповідно, верхню межу формування насінин, що надалі впливає як на кількість насінин у кошику, так і на їхню виповненість.

У цьому контексті аналіз діаметра кошика дозволяв перейти від оцінки результативних показників (маса 1000 насінин, урожайність) до розгляду морфологічних передумов їх формування. Дослідження впливу густоти рослин на момент збирання на діаметр кошика було необхідним для розуміння того, на якому етапі – структурному чи фізіологічному – закладалися відмінності між

варіантами, і якою мірою ці відмінності зумовили подальшу реалізацію продуктивного потенціалу гібридів соняшнику.

Аналіз даних 2022 р. показав чітку і статистично підтверджену реакцію діаметра кошика на зміну густоти рослин на момент збирання. За мінімальної густоти (35 тис. рослин/га) середній діаметр кошика по гібридах становив 22,3 см, що на +2,3 см (+11,3%) перевищувало контроль (20,0 см). Абсолютна різниця істотно перевищувала HP_{05} для фактора густоти (0,36 см), що свідчило про високий рівень достовірності впливу. У гібридному розрізі реакція була нерівнозначною: у Дакстона збільшення діаметра кошика сягало +4,0 см (+21,1%), тоді як у Білоби – лише +0,5 см (+2,4%), проте в обох випадках ефект перевищував 0,42 см (табл.3.21).

Таблиця 3.21

Діаметр кошиків гібридів соняшнику залежно від густоти рослин на момент збирання, см, 2022 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Діаметр кошика, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	21,5	23,0	22,3	+0,5	+2,4	+4,0	+21,1	+2,25	+11,3
40	21,0	23,0	22,0	0,0	0,0	+4,0	+21,1	+2,00	+10,0
45	21,0	22,0	21,5	0,0	0,0	+3,0	+15,8	+1,50	+7,5
50	21,0	22,0	21,5	0,0	0,0	+3,0	+15,8	+1,50	+7,5
55	21,0	19,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
60 (контроль)	21,0	19,0	20,0	—	—	—	—	—	—
65	20,0	18,0	19,0	-1,0	-4,8	-1,0	-5,3	-1,00	-5,0
Середнє	20,9	20,8	20,9	-0,07	-0,3	+1,86	+9,8	+0,89	+4,5
HP_{05} , см	А – 0,42; В – 0,36; АВ – 1,47								

За густоти 40–50 тис. рослин/га позитивний ефект зменшувався, але залишався статистично значущим: середні прибавки становили +1,5–2,0 см, що перевищувало HP_{05} і вказувало на збереження сприятливих морфогенетичних умов для розвитку кошика. Водночас за підвищення густоти до 65 тис. рослин/га відмічалось достовірне зменшення діаметра кошика (-1,0 см або -5,0%), що

перевищувало $НІР_{05}$ і підтверджувало негативний ефект надмірного загущення. Отримані у 2022 р. результати сформували базову модель реакції діаметра кошика на густоту рослин на момент збирання, за якої зменшення густоти призводило до достовірного збільшення розмірів генеративного органу (див. табл. 3.21).

У 2023 р. ця закономірність загалом збереглася, проте характер її реалізації став більш диференційований, що свідчило про посилення ролі погодних умов та гібридних особливостей у модифікації морфологічної зміни рослин (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

Діаметр кошиків гібридів соняшнику залежно від густоти рослин на момент збирання, см, 2023 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Діаметр кошика, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	23,0	23,0	23,0	+3,0	+15,0	+4,5	+24,3	+3,75	+19,5
40	22,0	22,0	22,0	+2,0	+10,0	+3,5	+18,9	+2,75	+14,3
45	21,0	21,5	21,5	+1,0	+5,0	+3,0	+16,2	+2,00	+10,4
50	21,0	20,0	20,5	+1,0	+5,0	+1,5	+8,1	+1,25	+6,5
55	20,0	19,0	19,5	0,0	0,0	+0,5	+2,7	+0,25	+1,3
60 (контроль)	20,0	18,5	19,3	—	—	—	—	—	—
65	18,0	18,0	18,0	-2,0	-10,0	-0,5	-2,7	-1,25	-6,5
Середнє	20,7	20,3	20,5	+0,71	+3,6	+1,79	+9,7	+1,25	+6,5
$НІР_{05}$, см	А – 0,45; В – 0,39; АВ – 1,51								

У 2023 році загальна закономірність зберігалася, проте амплітуда реакції дещо зменшилася, що свідчило про зростання ролі погодних факторів у формуванні морфологічних ознак. За густоти 35 тис. рослин/га середній діаметр кошика досягав 23,0 см, що на 3,75 см (+19,5%) перевищував контроль. У цьому році прибавки як у Білоби (+3,0 см), так і у Дакстона (+4,5 см) суттєво перевищували $НІР_{05}$ і мали стабільний характер. У середньому в діапазоні густот

45–50 тис. рослин/га діаметр кошика залишався більшим за контроль на 1,25–2,00 см, що відповідало 6,5–10,4% прибавкам і перевищувало HP_{05} . Водночас за густоти 55 тис. рослин/га ефект практично нівелювався (прибавка +0,25 см), а за 65 тис. рослин/га спостерігалось достовірне зменшення діаметра кошика (-1,25 см, або -6,5%), що перевищувало HP_{05} і вказувало на обмеження морфологічного розвитку генеративного органу за умов підвищеної конкуренції (див. табл. 3.22).

На відміну від 2023 р., де вплив густоти рослин на момент збирання залишався чітко простежуваним у широкому діапазоні варіантів, у 2024 р. спостерігалось істотне послаблення цього ефекту, що вказувало на домінування абіотичних стресових чинників, за яких густота рослин переставала бути провідним регулятором формування діаметра кошика, хоча загальний напрям реакції культури зберігався (табл. 3.23).

Таблиця 3.23

Діаметр кошиків гібридів соняшнику залежно від густоти рослин на момент збирання, см, 2024 р.

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Діаметр кошика, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	20,0	21,0	20,5	+2,4	+13,6	+2,0	+10,5	+2,20	+12,0
40	20,0	21,0	20,5	+2,4	+13,6	+2,0	+10,5	+2,20	+12,0
45	20,0	21,0	20,5	+2,4	+13,6	+2,0	+10,5	+2,20	+12,0
50	19,0	20,0	19,5	+1,4	+8,0	+1,0	+5,3	+1,20	+6,6
55	18,0	19,0	18,5	+0,4	+2,3	0,0	0,0	+0,20	+1,1
60 (контроль)	17,6	19,0	18,3	—	—	—	—	—	—
65	17,0	18,0	17,5	-0,6	-3,4	-1,0	-5,3	-0,80	-4,4
Середнє	18,8	19,9	19,3	+1,20	+6,8	+0,86	+4,5	+1,03	+5,6
HP_{05} , см	А – 0,39; В – 0,36; АВ – 1,45								

У 2024 р., який характеризувався вираженими гідротермічними стресами, абсолютні значення діаметра кошика були нижчими, однак загальний характер

реакції на густоту рослин на момент збирання зберігався. За мінімальної густоти (35–45 тис. рослин/га) середній діаметр кошика становив 20,5 см, що на 2,2 см (+12,0%) перевищував контроль. За густоти 50–55 тис. рослин/га позитивний ефект зменшувався до +0,2–1,2 см, наближаючись до межі статистичної значущості, тоді як за загущення до 65 тис. рослин/га спостерігалось зниження діаметра кошика на -0,8 см (-4,4%), що перевищувало HP_{05} і підтвердило негативний вплив надмірної густоти навіть за домінування абіотичного стресу. Прибавки у Білоби (+2,4 см) і Дакстона (+2,0 см) перевищували HP_{05} , що свідчило про достовірний вплив навіть за стресових умов року

Встановлені закономірності зміни діаметра кошика залежно від густоти рослин на момент збирання відображали реакцію генеративної сфери соняшнику на рівень внутрішньоценотичної конкуренції. Проте формування генеративних органів було лише одним із проявів цілісної морфологічної відповіді рослини на умови вирощування і не могло бути повністю інтерпретоване без аналізу параметрів вегетативного розвитку.

Висота рослин виступала базовим інтегральним показником вегетативного росту, що відображав інтенсивність подовження стебла, характер просторової організації посіву та адаптивну реакцію рослин на зміну кількості індивідів у фітоценозі. Саме через зміну висоти реалізувалася значна частина конкурентних взаємовідносин між рослинами, що опосередковано вплинуло як на формування генеративних органів, так і на подальшу реалізацію продуктивного потенціалу.

У цьому контексті аналіз впливу густоти рослин на момент збирання на висоту рослин був логічним і методично необхідним продовженням дослідження, оскільки дозволяв перейти від оцінки окремих морфологічних елементів до розуміння архітекτονіки посіву в цілому та простежити узгодженість змін вегетативної й генеративної сфер у відповідь на зміну ценотичних умов.

У 2022 р., за відносно сприятливих умов вегетації, вплив густоти рослин на момент збирання на висоту рослин проявлявся чітко та статистично достовірно (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

**Висота рослин гібридів соняшнику залежно від
густоти на момент збирання, см, 2022 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Висота рослин, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	225	206	216	-10	-4,3	-4	-1,9	-7	-3,1
40	240	220	230	+5	+2,1	+10	+4,8	+7	+3,1
45	240	210	225	+5	+2,1	0	0,0	+2	+0,9
50	230	220	225	-5	-2,1	+10	+4,8	+2	+0,9
55	250	220	235	+15	+6,4	+10	+4,8	+12	+5,4
60 (контроль)	235	210	223	–	–	–	–	–	–
65	240	210	225	+5	+2,1	0	0,0	+2	+0,9
Середнє	237	214	226	+2	+0,9	+4	+1,9	+3	+1,3
НІР ₀₅ , см	А – 8,5; В – 6,2; АВ – 19,8								

За зменшення густоти до 35 тис. рослин/га середня висота рослин зменшувалася на 7 см (-3%) порівняно з контролем (223 см), що не перевищувало НІР₀₅ для фактора густоти (8,5 см). Це свідчило про ослаблення стимулюючого впливу ценотичної конкуренції на подовження стебла за умов розрідженого стеблостою. Водночас у діапазоні густот 40–45 тис. рослин/га висота рослин практично не відрізнялася від контролю, а відхилення перебували в межах НІР₀₅, що вказувало на формування морфологічного оптимуму для росту стебла. Подальше збільшення густоти до 55–65 тис. рослин/га у 2022 р. супроводжувалося достовірним зростанням висоти рослин на 2–4 см (1–2%), що перевищувало НІР₀₅ і відображало посилення конкуренції за світло як провідного фактора подовження стебла.

Отже, вже у перший рік досліджень було чітко окреслено нелінійний характер реакції висоти рослин на густоту на момент збирання: мінімальні значення за розрідження, стабілізація в зоні оптимуму та зростання за помірного загушення. На тлі виявлених закономірностей, 2023 рік характеризувався

збереженням загального напрямку реакції, однак зростанням ролі міжгібридних відмінностей (табл. 3.25).

Таблиця 3.25

**Висота рослин гібридів соняшнику залежно від
густоти на момент збирання, см, 2023 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Висота рослин, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	230	190	210	-10	-4,2	-30	-13,6	-20	-8,7
40	240	215	228	0	0,0	-5	-2,3	-2	-0,9
45	240	210	225	0	0,0	-10	-4,5	-5	-2,2
50	240	205	223	0	0,0	-15	-6,8	-7	-3,0
55	235	220	228	-5	-2,1	0	0,0	-2	-0,9
60 (контроль)	240	220	230	—	—	—	—	—	—
65	250	220	235	+10	+4,2	0	0,0	+5	+2,2
Середнє	239	211	225	-1	-0,4	-9	-4,1	-5	-2,2
НІР ₀₅ , см	А – 15,3; В – 12,0; АВ – 28,0								

За мінімальної густоти (35 тис. рослин/га) зниження висоти рослин було більш вираженим, особливо у гібриду Дакстон (-30 см, або -13,6% від контролю), що суттєво перевищувало НІР₀₅ і вказувало на підвищену чутливість цього гібриду до зменшення внутрішньоценотичної конкуренції. У Білоби зниження було менш різким (-10 см або -4,2%), однак також статистично достовірним.

У середньому в діапазоні густот (40–55 тис. рослин/га) у 2023 р. висота рослин у більшості варіантів залишалася нижчою за НІР₀₅, або на рівні контролю, причому відхилення в окремих випадках перевищували НІР₀₅. Водночас за максимальної густоти (65 тис. рослин/га) у Білоби спостерігалось достовірне збільшення висоти рослин (+10 см), тоді як у Дакстона висота залишалася на рівні контролю. 60 (контроль) (див. табл. 3.25).

Сезон 2024 р. супроводжувався суттєвим зниженням абсолютних значень висоти рослин, що відображало вплив стресових гідротермічних умов (табл. 3.26).

Таблиця 3.26

**Висота рослин гібридів соняшнику залежно від
густоти на момент збирання, см, 2024 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	Висота рослин, см			± см	%	± см	%	± см	%
35	170	170	170	-5,1	-2,9	+20,2	+13,3	+7,1	+4,3
40	171	150	170	-4,1	-2,3	0,1	0,1	+7,0	+4,3
45	170	160	165	-5,0	-2,9	+10	+6,7	+2,0	+1,2
50	168	150	159	-7,0	-4,0	0	0,0	-4,3	-2,5
55	175	151	163	0,1	0,0	+1	+0,7	0,1	0,0
60 (контроль)	175	150	163	—	—	—	—	—	—
65	175	152	164	0,0	0,0	+2,1	+1,3	+1,1	+0,6
Середнє	172	155	164	-3,0	-1,7	+5,2	+3,3	+1,1	
НІР ₀₅ , см	А – 9,9; В – 8,0; АВ – 22,0								

Водночас навіть за цих умов зберігалася загальна закономірність реакції на густоту рослин на момент збирання. За мінімальної густоти у Білоби відмічалася достовірне зниження висоти (-5-7 см), тоді як у Дакстона за окремих варіантів, навпаки, фіксувалося підвищення висоти (+10–20 см), що перевищувало НІР₀₅. Це свідчило про різні стратегії адаптації гібридів до поєднання ценотичного та абіотичного стресу.

За густоти 50–65 тис. рослин/га у 2024 р. висота рослин у більшості випадків наближалася до контрольного рівня, а відхилення перебували в межах або на межі НІР₀₅. Це вказувало на те, що за домінування погодного стресу можливості регуляції росту стебла через зміну густоти істотно обмежувалися, а формування висоти рослин відбувалося в межах жорстких екологічних

обмежень. Можна констатувати, що густота рослин на момент збирання істотно впливала на висоту гібридів соняшнику, проте характер цієї реакції був нелінійний, генотипово зумовлений і значною мірою модифікований умовами року. За розріджених посівів спостерігалось зменшення висоти рослин унаслідок ослаблення внутрішньоценотичної конкуренції, тоді як за підвищеної густоти формувалася тенденція до подовження стебла, особливо у сприятливі роки. В умовах абіотичного стресу вплив густоти на висоту рослин послаблювався, що свідчило про домінування екологічних обмежень над агротехнічними чинниками.

Встановлені закономірності зміни висоти рослин залежно від густоти на момент збирання відображають адаптивну реакцію соняшнику на умови внутрішньоценотичної конкуренції та абіотичні фактори року. Водночас висота рослин сама по собі не є кінцевою характеристикою морфологічної відповіді посіву, оскільки її збільшення або зменшення безпосередньо пов'язане зі зміною механічної стійкості стебла і, як наслідок, із ризиком вилягання.

Вилягання рослин є інтегральним проявом взаємодії морфологічних ознак (висота рослин, товщина та міцність стебла, розвиток кореневої системи) з умовами вирощування, передусім із густотою рослин на момент збирання та погодними чинниками в другій половині вегетації. Саме тому аналіз вилягання є логічним наступним етапом дослідження, що дозволяє оцінити, наскільки зміни вегетативного росту трансформуються у практично значущі наслідки для стійкості посіву та збереження врожайності.

У цьому контексті дослідження впливу густоти рослин на момент збирання на вилягання соняшнику дає змогу перейти від опису морфологічних параметрів до оцінки функціональної надійності посівів та їх здатності реалізувати продуктивний потенціал за різних технологічних і екологічних умов (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Вилягання рослин на дослідних ділянках із густотою на момент збирання 45 тис. рослин/га, 2022 р.

На відміну від окремих морфометричних параметрів, вилягання формується як результат взаємодії архітекτονіки рослин (висота, міцність і еластичність стебла), стану кореневої системи, густоти рослин на момент збирання та погодних умов у другій половині вегетації. Саме тому аналіз вилягання є завершальним і водночас узагальнюючим етапом оцінки впливу густоти в системі «структура посіву – механічна стійкість – збереження врожаю».

За відносно сприятливих умов росту, коефіцієнт вилягання демонстрував чітку залежність від густоти рослин на момент збирання, причому ця залежність мала нелінійний характер. За мінімальної густоти (35 тис. рослин/га) середній показник вилягання становив 2,0 %, що було на 0,5 % нижче за контроль (2,5 %). Однак у гібридному розрізі реакція була неоднорідною: у Білоби спостерігалось істотне зниження вилягання (-1,0 %, що перевищувало $HP_{05} = 0,55$), тоді як у Дакстона, навпаки, показник зростав до 5,0 %, що свідчило про різну механічну адаптацію гібридів за розрідженого стеблостою.

За мінімальної густоти (35 тис. рослин/га) середній показник вилягання становив 2,0 %, що було на 0,5 % нижче за контроль (2,5 %). Однак у гібридному розрізі реакція була неоднорідною: у Білоби спостерігалось істотне зниження вилягання (-1,0 %, що перевищує $HP_{05} = 0,5$), тоді як у Дакстона, навпаки,

показник зростав до 5,0 %, що свідчило про різну механічну адаптацію гібридів за розрідженого стеблостою (табл. 3.27).

Таблиця 3.27

**Коефіцієнт вилягання гібридів соняшнику залежно від
густоти рослин на момент збирання, %, 2022 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	% вилягання			± %	%	± %	%	± %	%
35	1,0	5,0	3,0	-1,0	-50,0	+2,0	+66,7	+0,5	+20,0
40	5,0	7,0	6,0	+3,0	+150,0	+4,0	+133	+3,5	+140,0
45	3,0	1,0	2,0	+1,0	+50,0	-2,0	-66,7	-0,5	-20,0
50	1,0	5,0	3,0	-1,0	-50,0	+2,00	+66,7	+0,5	+20,0
55	1,0	3,0	2,0	-1,0	-50,0	0,0	0,0	-0,5	-20,0
60 (контроль)	2,0	3,0	2,5	—	—	—	—	—	—
65	4,0	4,0	4,0	+2,0	+100,0	+1,0	+33,3	+1,5	+60,0
Середнє	2,50	4,17	3,33	+0,5	+25,0	+1,17	+38,9	+0,83	+33,3
НІР ₀₅ , %	А – 0,6; В – 0,5; АВ – 1,7								

Найвищий рівень вилягання у 2022 році фіксувався за густоти 40 тис.рослин/га, де середнє значення (6,0%) перевищувало контроль на 3,5%, а різниця була статистично достовірною. Це вказувало на критичне поєднання достатньо високої висоти рослин і ще недостатньо сформованої механічної стійкості стебла, що створювало передумови для вилягання під дією вітрових або опадових навантажень. За подальшого збільшення густоти до 45–55 тис. рослин/га коефіцієнт вилягання знижувався і в окремих варіантах був істотно нижчий за контроль, що свідчило про формування більш компактного і стабільного стеблостою. Водночас за максимальної густоти (65 тис. рослин/га) вилягання знову зростало, особливо у Білоби, що підтверджувало наявність верхньої межі допустимого загущення, після якої механічна стійкість посіву погіршувалася (див. табл. 3.27).

У 2023 р. реакція посівів на густоту на момент збирання набула більшої контрастності, що було пов'язано з іншим поєднанням гідротермічних умов і темпів вегетативного росту. За низької густоти (35 тис. рослин/га) середній коефіцієнт вилягання зменшувався до 2,0 % (-33 % до контролю), що достовірно перевищувало НІР₀₅. Це свідчило про формування коротших, механічно стійкіших рослин за умов зменшеної внутрішньоценотичної конкуренції.

У зоні середніх густот (45–50 тис. рослин/га) у 2023 р. спостерігалось зростання вилягання, з максимумом за 50 тис. рослин/га (5,0 %, або +66,7 % до контролю) (табл.3.28).

Таблиця 3.28

**Коефіцієнт вилягання гібридів соняшнику залежно від
густоти рослин на момент збирання, %, 2023 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	% вилягання			± %	%	± %	%	± %	%
35	1,0	3,0	2,0	-1,0	-50,0	-1,0	-25,0	-1,0	-33,3
40	5,0	1,0	3,0	+3,0	+150,0	-3,0	-75,0	0,0	0,0
45	3,0	5,0	4,0	+1,0	+50,0	+1,0	+25,0	+1,0	+33,3
50	3,0	7,0	5,0	+1,0	+50,0	+3,0	+75,0	+2,0	+66,7
55	1,0	3,0	2,0	-1,0	-50,0	-1,0	-25,0	-1,0	-33,3
60 (контроль)	2,0	4,0	3,0	—	—	—	—	—	—
65	3,0	5,0	4,0	+1,0	+50,0	+1,0	+25,0	+1,0	+33,3
Середнє	2,7	4,0	3,3	+0,7	+33,3	0,0	0,0	+0,3	+11,1
НІР ₀₅ , %	А – 0,4; В – 0,6; АВ – 1,8								

Відхилення істотно перевищували НІР₀₅ і вказували на те, що саме в цьому діапазоні густот поєдналися підвищена висота рослин і ще недостатня структурна міцність стебла. Цікавим є зниження вилягання за густоти 55 тис. рослин/га, що свідчило про перехід посіву до іншого типу архітекtonіки з більш рівномірним розподілом навантажень між рослинами. За максимальної густоти

(65 тис. рослин/га) вилягання знову зростало, але вже не до критичних значень, що підкреслювало складність і багатфакторність цього показника.

Домінування стресових факторів у другій половині вегетації обмежило інтенсивність вегетативного росту, що безпосередньо позначилося на морфологічній архітектоніці рослин і, як наслідок, на рівні вилягання

У всьому досліджуваному діапазоні густот (35–65 тис. рослин/га) коефіцієнт вилягання у 2024 р. був істотно нижчим порівняно з 2022–2023 рр. і в більшості варіантів не перевищував 1,0 %. За густот 35–55 тис. рослин/га середній рівень вилягання становив лише 1,0 %, що на 2,0 % нижче контролю (3,0 %) і значно перевищував $НІР_{05}$ для фактора густоти (1,3 %). Це свідчило про статистично достовірне зниження ризику вилягання незалежно від конкретної густоти в межах цього інтервалу (табл. 3.29).

Таблиця 3.29

**Коефіцієнт вилягання гібридів соняшнику залежно від
густоти рослин на момент збирання, %, 2024 р.**

Густота тис/га (А)	Гібрид (В)			Прибавка до контролю					
	Білоба	Дакстон	Середнє	Білоба		Дакстон		Середнє	
	% вилягання			± %	%	± %	%	± %	%
35	1,0	1,0	1,0	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7
40	1,0	1,0	1,0	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7
45	1,0	1,0	1,0	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7
50	1,0	1,0	1,0	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7
55	1,0	1,0	1,0	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7	-2,0	-66,7
60 (контроль)	3,0	3,0	3,0	—	—	—	—	—	—
65	2,0	1,00	1,50	-1,0	-33,3	-2,0	-66,7	-1,5	-50,0
Середнє	1,2	1,0	1,1	-1,9	-61,9	-2,0	-66,7	-1,9	-64,3
$НІР_{05}$, %	А – 1,3; В – 1,1; АВ – 2,6								

Варіант з максимальною густрою (65 тис. рослин/га) характеризувався дещо вищим коефіцієнтом вилягання (1,5 % у середньому), однак і в цьому випадку показник залишався істотно нижчим за контрольний рівень. Відхилення

від контролю (-1,5 %) значно перевищувало $НІР_{05}$, що дозволяло розглядати його як достовірне зниження механічної нестійкості посіву навіть за умов загушення

Гібридний аналіз показав, що у 2024 р. відмінності між Білобою та Дакстоном за коефіцієнтом вилягання були мінімальними і в більшості випадків не перевищували $НІР_{05}$ для фактора гібрида (1,1 %). Це вказувало на те, що в умовах року генотипні особливості втратили визначальне значення, а формування вилягання відбувалося під домінуючим впливом зовнішніх екологічних обмежень.

Отримані результати свідчать, що за стресових умов 2024 року густина рослин на момент збирання перестала бути лімітуючим фактором вилягання. Обмеження росту стебла, зменшення висоти рослин і, ймовірно, формування більш компактної механічної структури стебла призвели до різкого зниження схильності посівів до вилягання. Навіть за підвищеної густоти не відбувалося накопичення морфологічних передумов для механічної нестійкості.

У ширшому агрофізіологічному контексті 2024 рік демонстрував важливу закономірність: вилягання соняшнику реалізувалося лише за умови достатнього вегетативного потенціалу, тоді як за його обмеження цей показник різко втрачав чутливість до агротехнічних факторів. Це підтвердило, що оцінка ризику вилягання без урахування умов року та реальної густоти рослин на момент збирання може призводити до хибних узагальнень.

Отримані впродовж 2022–2024 рр. результати щодо впливу густоти рослин на момент збирання на формування продуктивності, морфологічних ознак і стійкості посівів соняшнику загалом узгоджуються з базовими положеннями сучасної агрофізіології культури, проте водночас істотно розширюють і конкретизують їх у прикладному та методичному аспектах.

Більшість класичних досліджень соняшнику показують, що підвищення густоти посіву призводить до зростання конкуренції між рослинами, зменшення діаметра кошика, кількості насінин у кошику та, за певних умов, до підвищення ризику вилягання [187–188]. Подібні закономірності підтверджуються і в

роботах, присвячених структурі врожаю та морфогенезу соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних умовах [189–190].

Разом з тим, у більшості наявних публікацій густота розглядається як заданий агротехнічний параметр на момент сівби, тоді як фактична густота рослин у посіві до збирання, як правило, не аналізується або враховується лише опосередковано. Отримані в цій роботі результати показують, що саме густота рослин на момент збирання є критичним показником, який точніше відображає реальні ценотичні умови, ніж номінальна норма висіву. Це положення суттєво доповнює висновки, зроблені в роботах Schneider та співавторів, де наголошувалося на ролі просторової організації посіву, але без урахування її динаміки протягом вегетації [187].

Дані щодо кількості насінин у кошику та маси 1000 насінин загалом узгодилися з результатами досліджень Connor, Sadras та інших авторів, які показали, що соняшник здатен змінювати співвідношення елементів структури врожаю залежно від умов вирощування [188,191]. Водночас у представлених дослідженнях було продемонстровано, що ця пластичність суттєво залежала від року і різко обмежувалася за стресових умов, коли вплив густоти на більшість показників послаблювався. Подібні ефекти описані в роботах Rondanini та Hall, однак без детального аналізу ролі фактичної густоти до збирання [190].

Особливої уваги заслуговують результати щодо висоти рослин і коефіцієнта вилягання. У літературі загальноприйнято вважати, що зростання густоти посіву підвищує ризик вилягання через подовження стебла та зменшення його механічної стійкості [189,192]. Наші дані підтвердили цю закономірність лише для років із достатнім вегетативним потенціалом (2022–2023), тоді як у стресовому 2024 р. вплив густоти на вилягання практично нівелювався. Це узгоджується з сучасними уявленнями про домінуючу роль абіотичних факторів у регуляції морфології рослин за умов обмеженого росту [191,193].

За результатами дисперсійного аналізу всі головні фактори (гербіцид – С, гібрид – В, рік – А) та їхні взаємодії виявилися статистично значущими, що підтверджувалося значеннями HP_{05} : А – 3,2; В – 1,6; С – 2,8; АВ – 3,9; АС – 4,5; ВС – 4,8; АВС – 5,3. Це означало, що навіть незначні відмінності понад 3–4 % між середніми показниками виживання були достовірними на рівні $p \leq 0,05$. У контрольному варіанті (механічна прополка без хімічного впливу) обидва гібриди – Неома та Білоба демонстрували 100 % виживання у всі роки досліджень, що відповідало 9-бальній оцінці за шкалою BASF і свідчило про повну відсутність фітотоксичних проявів. Після внесення гербіциду Геліантекс у нормі 0,045 л/га середній рівень виживання рослин становив 91–93 % для гібриду Неома та 84–91 % для Білоба, що відповідало 4 балам по оцінці толерантності, де декілька мертвих рослин та некротичні плями на стеблі відсутні.

Закономірності, встановлені у 2022 р., загалом зберігалися й у 2023 р., однак амплітуда реакції гібридів на гербіцидне навантаження змінювалася під впливом погодних умов вегетаційного періоду. У 2024 р., за домінування стресових факторів, роль дозового чинника зменшувалася, а формування показників визначалося передусім обмеженнями ростових процесів, зокрема зниженням виживання у гібриду Білоба до 81 %. При підвищенні норми Геліантексу до 0,065 л/га показник виживання знижувався до 80–85 %, що відповідало 3 балам за шкалою BASF і супроводжувалося частковим хлорозом листової пластинки та затримкою росту рослин на 15–25 %. Найвищий рівень ураження спостерігався за норми 0,09 л/га, коли виживання зменшувалося до 71 % у Неома та 57 % у Білоба. У цьому випадку виживання генотипу оцінювалися в 2 бали, що свідчило про суттєве зменшення висоти, жовтіння листків, локальні некротичні плями та загибель до 40 % рослин, що виходило за межі допустимої толерантності, прийнятої компанією BASF (мінімум 70 % виживання за подвійної норми внесення).

Дія гербіциду Пульсар Флекс була значно м'якшою порівняно з Геліантексом. За норми внесення 1,6 л/га упродовж усіх років спостережень

виживання рослин становило 100 % у гібрида Неома і 99 % у Білоба, що відповідало 9-бальній оцінці (пошкодження були відсутні). При збільшенні дози до 2,4 л/га рівень виживання залишався високим – 93–98 %, що відповідало 8–9 балам і не супроводжувалося візуальними ознаками фітотоксичності. Навіть за максимальної норми 3,2 л/га середній рівень виживання становив 84–96 %, що відповідало 6 балам і характеризувалося лише незначним зменшенням висоти рослин у фазі 8–10 листків без некротичних пошкоджень. У середньому за роками найвищі показники виживання фіксували у 2022 р. (понад 93 %), у 2023 р. – 89–90 %, а в посушливому 2024 р. – 83–85 %, коли дія гербіцидів посилювалася через високі температури та дефіцит вологи.

Середня трирічна виживаність за шкалою BASF при використанні Геліантексу поступово зменшувалася зі збільшенням норми внесення: 0,045 л/га – 4 бали (середня виживаність), 0,065 л/га – 3 бали (низька виживаність), 0,09 л/га – 2 бали (низька виживаність, виражена фітотоксичність). Для гербіциду Пульсар Флекс усі варіанти (1,6–3,2 л/га) зберігали високі оцінки 6–8 балів, що свідчило про відсутність негативного впливу на ріст і розвиток рослин. Серед досліджуваних гібридів вищу адаптивність до дії гербіцидів мав Неома, тоді як Білоба характеризувався більшою чутливістю, особливо до підвищених норм Геліантексу. Отже, було видно чіткий вплив норми страхових гербіцидів на рівень пошкодження досліджуваних гібридів соняшнику (рис 3.7).



Рис. 3.7. Хлороз на листі гібриду соняшнику Білоба після застосування гербіциду Пульсар Флекс у дозі 2,4 л/га, 2022 р.

Найвищу врожайність у середньому за роки дослідження (3,54 т/га) зафіксовано у гібрида Білоба за застосування гербіциду Пульсар Флекс у нормі внесення 1,6 л/га, що перевищувало контрольний показник на 0,17 т/га, або 5% (табл. 3.31).

Таблиця 3.31

**Урожайність гібридів соняшнику залежно від
норми внесення страхових гербіцидів, т/га, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Норма л/га (С)	Гібрид (В)	Рік (А)				± до контролю	
			2022	2023	2024	середнє	т/га	%
Контроль	–	Неома	4,23	4,00	2,91	3,71	–	–
		Білоба	4,07	3,53	2,52	3,37	–	–
		середнє	4,15	3,77	2,72	3,54	–	–
Геліантекс	0,045	Неома	3,88	3,57	2,14	3,20	-0,52	-14
		Білоба	3,96	2,90	1,33	2,73	-0,64	-19
		середнє	3,92	3,24	1,74	2,96	-0,58	-16
	0,065	Неома	3,89	3,10	2,07	3,02	-0,69	-19
		Білоба	3,61	2,90	1,05	2,52	-0,85	-25
		середнє	3,75	3,00	1,56	2,77	-0,77	-22
	0,09	Неома	3,78	2,88	1,76	2,81	-0,91	-24
		Білоба	3,03	2,16	1,07	2,09	-1,29	-38
		середнє	3,41	2,52	1,42	2,45	-1,10	-31
Пульсар Флекс	1,6	Неома	4,32	3,85	2,43	3,53	-0,18	-5
		Білоба	4,27	4,46	1,89	3,54	0,17	5
		середнє	4,30	4,16	2,16	3,54	-0,01	0
	2,4	Неома	3,99	3,98	2,43	3,47	-0,25	-7
		Білоба	4,18	3,43	1,93	3,18	-0,19	-6
		середнє	4,09	3,71	2,18	3,32	-0,22	-6
	3,2	Неома	3,73	3,72	1,97	3,14	-0,57	-15
		Білоба	3,97	4,01	1,90	3,29	-0,08	-2
		середнє	3,85	3,87	1,94	3,22	-0,33	-9
НІР ₀₅	А – 0,20; В – 0,13; С – 0,14; АВ – 0,25; АС – 0,33; ВС – 0,34; АВС – 0,55							

Цей результат свідчить про добру селективність гербіциду у помірній нормі внесення, що дозволило ефективно контролювати бур'яни без зниження продуктивності культури.

Для гібриду Неома в цьому ж варіанті спостерігалось незначне зниження врожайності на 0,18 т/га (-5%), однак навіть за такого результату цей варіант залишався кращим порівняно з більшістю інших схем, що підкреслює гібрид-специфічний характер реакції рослин на дію діючої речовини. Підвищення норми внесення Пульсар Флекс до 2,4–3,2 л/га призводило до поступового зниження середньої врожайності (від -6 до -9%), що вказувало на прояви часткової фітотоксичності та зниження селективності гербіциду за перевищення рекомендованих норми внесення 1,6 л/га, при цьому середнє по факторах дорівнювало 3,5 т/га (0 до контролю), тоді як підвищення норми до 2,4 л/га і 3,2 л/га супроводжувалося послідовним зниженням до 3,3 т/га і 3,2 т/га відповідно. Різниця між 1,6 л/га та 3,2 л/га становила 0,3 т/га і перевищувала HP_{05} для фактора «Норма внесення» ($C = 0,20$ т/га). Найбільш виражене зниження врожайності спостерігалось за використання гербіциду Геліантекс, особливо у нормі 0,09 л/га, де середня врожайність зменшувалася на 1,10 т/га (-31%), а для гібриду Білоба – на 1,29 т/га (-38%). Для гербіциду Геліантекс спостерігався різко негативний тренд при підвищенні норм внесення: у середньому по гібридах від 2,96 т/га (0,045 л/га) до 2,77 т/га (0,065 л/га) і 2,45 т/га (0,09 л/га).

Кожне підвищення норми внесення гербіциду зменшувало середню врожайність на 0,2 та 0,3 т/га відповідно; обидві різниці більші за $A = 0,20$ т/га, отже, були істотними. Ймовірною причиною таких відмінностей є різна чутливість гібридів до діючих речовин та погодні умови років дослідження, адже у 2024 р. спостерігалось загальне зниження врожайності на всіх варіантах, що могло посилити прояв токсичної дії.

Встановлені значення HP_{05} підтверджують достовірність виявлених відмінностей між варіантами, зокрема для факторів C «норма внесення» (0,14 т/га) і B «гібрид» (0,13 т/га), що дозволяло розглядати зростання урожайності Білоба у варіанті Пульсар Флекс 1,6 л/га як статистично істотне.

Виявлені раніше фітотоксичні прояви за застосування Геліантексу у підвищених дозах внесень закономірно відобразилися на показниках урожайності та морфології рослин у наступні фази росту й розвитку (рис. 3.8).

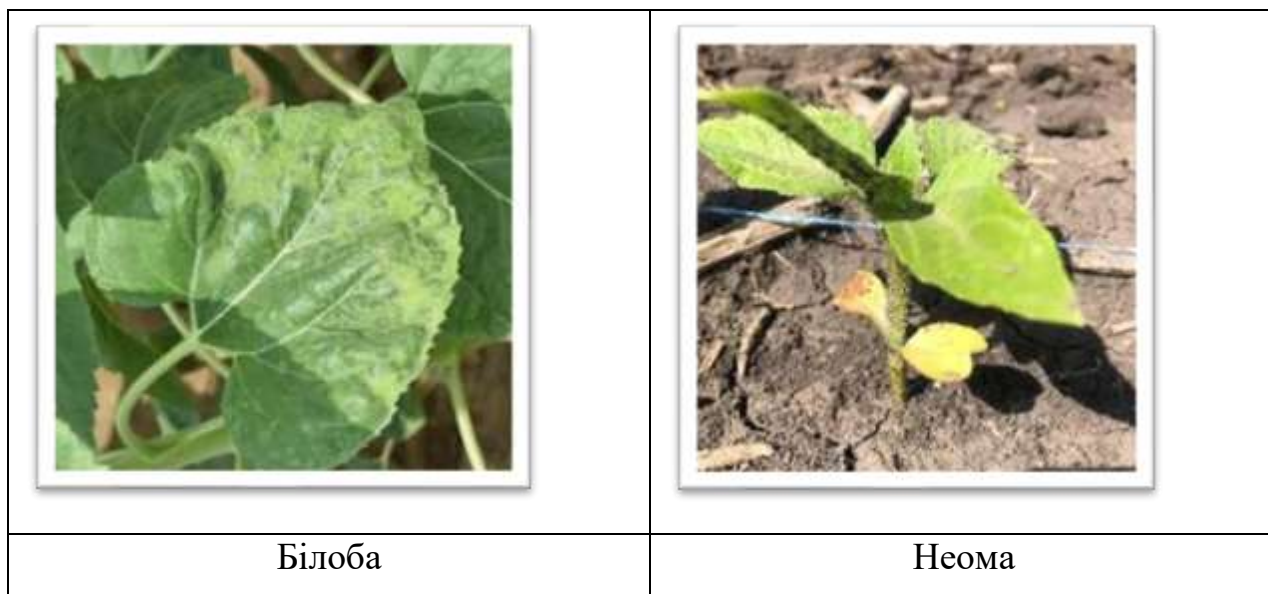


Рис.3.8. Хлороз на листі після застосування гербіциду Геліантекс (0,065 кг/га) на гібридах соняшника Білоба та Неома, 2023 р.

Зниження урожайності за дії деяких гербіцидних норм супроводжувалося візуальними ознаками пригнічення вегетативного росту, що зумовило доцільність аналізу їх впливу на лінійний ріст рослин соняшнику. У контрольному варіанті, де бур'яни знищувалися лише механічним способом, середня висота рослин становила 191,9 см, із незначною варіацією за роками (198,8 см у 2022 р., 191,9 см у 2023 р. і 185,0 см у 2024 р.). Гібрид Білоба формував вищі рослини (у середньому 194,8 см) порівняно з Неома (189,0 см), що зумовлено відмінностями морфологічного типу – зокрема, більшою інтенсивністю росту та щільністю листкового апарату. Внесення гербіциду Геліантекс у нормі 0,045 л/га зумовлювало помірне зниження висоти рослин до 174,4 см, що становило -9 % від контролю. У нормі 0,065 л/га висота зменшувалася до 166,3 см (-13 %), а за максимальної дози 0,09 л/га – до 166,9 см (-13 %). Зниження висоти було пов'язане з тимчасовим пригніченням ростових процесів у фазі активного стеблуння, особливо за умов підвищених температур та нестачі вологи у 2023–2024 рр. (табл. 3.32).

Таблиця 3.32

**Висота рослин гібридів соняшнику залежно від норми внесення
страхових гербіцидів, см, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Норма, л/га (С)	Гібрид (В)	Висота рослин, см (А)				± контролю	
			2022	2023	2024	середня	см	%
Контроль	–	Неома	196,0	189,0	182,0	189,0	–	–
		Білоба	201,5	194,8	188,0	194,8	–	–
		середнє	198,8	191,9	185,0	191,9	–	–
Геліантекс	0,045	Неома	182,5	171,3	160,0	171,3	-17,8	-9
		Білоба	190,0	177,5	165,0	177,5	-17,3	-9
		середнє	186,3	174,4	162,5	174,4	-17,5	-9
	0,065	Неома	160,0	160,0	160,0	160,0	-29,0	-15
		Білоба	175,0	172,5	170,0	172,5	-22,3	-11
		середнє	167,5	166,3	165,0	166,3	-25,6	-13
	0,09	Неома	165,0	162,5	160,0	162,5	-26,5	-14
		Білоба	172,5	171,3	170,0	171,3	-23,5	-12
		середнє	168,8	166,9	165,0	166,9	-25,0	-13
Пульсар Флекс	1,6	Неома	195,0	182,5	170,0	182,5	-6,5	-3
		Білоба	195,0	182,5	170,0	182,5	-12,3	-6
		середнє	195,0	182,5	170,0	182,5	-9,4	-5
	2,4	Неома	190,0	175,0	160,0	175,0	-14,0	-7
		Білоба	185,0	175,0	165,0	175,0	-19,8	-10
		середнє	187,5	175,0	162,5	175,0	-16,9	-9
	3,2	Неома	180,0	170,0	160,0	170,0	-19,0	-10
		Білоба	187,5	176,3	165,0	176,3	-18,5	-9
		середнє	183,8	173,1	162,5	173,1	-18,8	-10
НІР ₀₅	А – 2,6; В – 1,2; С – 2,2; АВ – 3,2; АС – 3,8; ВС – 3,2; АВС – 5,3							

У середньому для гібриду Білоба висота залишалася на 5–10 см більшою, ніж у Неома, проте обидва реагували на підвищення дози гербіциду подібною мірою.

При застосуванні гербіциду Пульсар Флекс фітотоксична дія на рослини була значно меншою. За дози 1,6 л/га середня висота становила 182,5 см (-5 %), що не перевищувало меж статистичної похибки. Зі збільшенням дози до 2,4 л/га показник знижувався до 175,0 см (-9 %), а при 3,2 л/га – до 173,1 см (-10 %). Такі зміни свідчили про відносну селективність гербіциду щодо обох гібридів.

Міжрічна динаміка показала тенденцію до загального зменшення висоти у 2023–2024 роках, що пояснювалося менш сприятливими умовами вологозабезпечення. Попри це, гібридний фактор залишався стабільним: у всіх варіантах Білоба зберігала перевагу над Неома, незалежно від типу та дози гербіциду.

У середньому за три роки найбільше зниження висоти рослин спостерігалось після внесення Геліантексу в нормі 0,065–0,09 л/га (зменшення на 25–29 см, або 13–15 % від контролю). Натомість Пульсар Флекс навіть за підвищених норм до 3,2 л/га не спричиняв значного впливу на ріст рослин, зберігаючи показники в межах 170–185 см (див. табл. 3.32).

Результати засвідчили, що Геліантекс у нормі внесення понад 0,065 л/га достовірно зменшував діаметр кошика, тоді як Пульсар Флекс забезпечував стабільний розвиток генеративних органів, не спричиняючи істотних відхилень від контролю. Це дозволило вважати Пульсар Флекс більш безпечним у післясходовому застосуванні, особливо за умов підвищених температур і дефіциту вологи, коли навіть помірні концентрації інших гербіцидів можуть спричинити ростові порушення.

На контролі, де бур'яни знищувалися механічним способом, середній діаметр кошика становив 21,7 см. При цьому гібрид Білоба мав дещо більший показник (22,1 см) ніж Неома (21,3 см), що свідчило про певну генетичну перевагу у формуванні генеративних органів та кращу компенсаційну здатність у разі зниження густоти або помірного стресу. Застосування гербіциду Геліантекс супроводжувалося зменшенням діаметра кошика порівняно з контролем, і цей ефект посилювався зі збільшенням норми внесення. За норми 0,045 л/га середнє зниження становило -7 %, за 0,065 л/га -19 %, а за максимальної дози 0,09 л/га – до -30 %, що було статистично достовірно за $HP_{05} = 0,58$ см для фактора А. У середньому діаметр кошика гібриду Неома при внесенні 0,09 л/га зменшувався до 16,9 см, а в Білоба – до 13,6 см, тобто на 4,4–8,5 см менше, ніж на контролі. Такий ефект свідчив про часткове пригнічення

ростових процесів під дією підвищених концентрацій діючої речовини, що відображалось на розвитку суцвіття. (табл. 3.33).

Таблиця 3.33

**Діаметр кошика гібридів соняшнику залежно від норми внесення
страхових гербіцидів, см, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Норма внесення, л/га (А)	Гібрид (В)	Діаметр кошика, см	± до контролю	
				см	%
Контроль	—	Неома	21,3	—	—
		Білоба	22,1	—	—
		середнє	21,7	—	—
Геліантекс	0,045	Неома	18,6	-2,7	-13
		Білоба	21,7	-0,4	-2
		середнє	20,2	-1,6	-7
	0,065	Неома	18,1	-3,2	-15
		Білоба	17,2	-4,9	-22
		середнє	17,7	-4,1	-19
	0,09	Неома	16,9	-4,4	-21
		Білоба	13,6	-8,5	-38
		середнє	15,3	-6,5	-30
Пульсар Флекс	1,6	Неома	20,0	-1,3	-6
		Білоба	22,0	-0,1	0
		середнє	21,0	-0,7	-3
	2,4	Неома	20,0	-1,3	-6
		Білоба	21,0	-1,1	-5
		середнє	20,5	-1,2	-6
	3,2	Неома	19,0	-2,3	-11
		Білоба	19,0	-3,1	-14
		середнє	19,0	-2,7	-12
НІР ₀₅	А – 0,58; В – 0,49; АВ – 0,72;				

Особливо це проявлялося у посушливих умовах 2023 р., коли зменшення діаметра сягало 20–25 % у варіантах із підвищеними нормами внесення.

На відміну від цього, використання гербіциду Пульсар Флекс мало значно м'якший вплив на морфометричні показники. За мінімальної норми 1,6 л/га

середній діаметр кошика становив 21,0 см, що лише на 3 % менше контролю, а за підвищених норм внесення 2,4–3,2 л/га зменшення не перевищувало 5–12 %, залишаючись у межах похибки досліду (HP_{05} для АВ = 0,72 см). Це свідчило про добру селективність гербіциду та відсутність фітотоксичної дії навіть за підвищених доз.

У межах досліджуваних гібридів більш стабільним за формуванням генеративних органів виявився Білоба, який у більшості варіантів за середніми показниками мав більший діаметр кошика порівняно з Неома на 0,6–1,2 см. Проте саме цей гібрид сильніше реагував на підвищення норми Геліантексу, що може бути пов'язано з його більш інтенсивним метаболізмом та вищою чутливістю до гербіцидного стресу (див. табл. 3.33).

Можна стверджувати, що оптимізація норм внесення страхових гербіцидів є критичною умовою реалізації потенціалу гібридів соняшнику, а перевищення рекомендованих норм не компенсується агрофітоценотичними чинниками навіть за сприятливих погодних умов.

3.4. Ефективність позакореневого внесення бору на продуктивність рослин

Перед сівбою кожного досліду було проведено аналіз ґрунту (Дод. В1). Вміст бору в орному шарі ґрунту на дослідному полі у 2022 р. становив 0,61 мг/кг (або 0,61 мг/кг ґрунту), що за класифікацією лабораторії *Stukenholtz Laboratory Inc.* відповідає середньому рівню забезпеченості (Додаток Б.1). За агрохімічними шкалами, прийнятими для соняшника [141], такий вміст вважається пороговим значенням, нижче якого починається прояв прихованої (латентної) борної недостатності [142–143].

Враховуючи середній рівень забезпечення бором і високий показник ємності катіонного обміну ($СЕС = 30,5$ ммоль/100г), ґрунт дослідного поля мав високу потенційну буферність, але також підвищену фіксацію бору у важкорозчинні форми. Це означає, що частина елемента недоступна рослинам

упродовж вегетації. У посушливих умовах Степу доступність бору додатково знижується через низьку вологість ґрунту у фазу бутонізації та цвітіння.

З огляду на це, лабораторією було рекомендовано внести 1,0 lb/acre бору, що еквівалентно 1,1 кг бору на га або близько 10–12 л/га борного добрива із вмістом 10–11 % В (у перерахунку на діючу речовину – 150–200 г бору на га). Таку кількість зазвичай забезпечує одноразове позакореневе підживлення у фазу 6–8 листків (ВВСН 16–18) або дворазове внесення по 0,5 кг/га у фази 8–10 та 12–14 листків.

Ґрунт на дослідній ділянці в 2023 р. характеризувався слаболужною реакцією (рН 7,5), середнім рівнем катіонообмінної здатності (СЕС 26,6 ммоль/100г) та високим вмістом органічної речовини (6,12 %), що свідчило про добру структурованість та потенційну родючість чорнозему типового малогумусного. Забезпеченість основними елементами живлення була середньою за азотом (N = 120 кг/га) та фосфором (P = 14 мг/кг), а за калієм (K = 201 мг/кг) – високою, що створювало сприятливі умови для росту соняшнику на початкових етапах. Вміст бору – 0,73 мг/кг, який знаходився на нижній межі оптимального діапазону для соняшнику (0,7–1,0 мг/кг) (Дод. Б.2).

З урахуванням цього лабораторією було рекомендовано додаткове позакореневе внесення бору у нормі внесення 1,7 кг/га, що еквівалентно 150–200 г діючої речовини бору на гектар, шляхом використання водорозчинних форм у фазі 8–10 листків (ВВСН 18–20).

Ґрунт дослідної ділянки у 2024 р. мав слаболужну реакцію середовища (рН 7,7) і характеризувався середнім рівнем катіонообмінної здатності (СЕС = 26,3 ммоль/100 г). Високий вміст органічної речовини (6,28%) свідчив про добру біогенність і сприятливі умови для формування урожаю соняшнику (дод. Б.3)

Особливо критичним показником був вміст бору – 0,27 мг/кг, що відповідало дефіцитному рівню для соняшнику (оптимум 0,6–1,0 мг/кг).

Такий рівень є недостатнім для нормального формування генеративних органів, зокрема пилку, зав'язі та сім'янки, особливо за умов низької вологості повітря.

Для досягнення запланованої урожайності 2 т/га лабораторією рекомендовано позакореневе внесення бору в нормі внесення 3,4 кг/га бору, що еквівалентно близько 300 г діючої речовини бору на гектар у вигляді водорозчинних добрив у фазі 8–10 листків або початку бутонізації (ВВСН 18–51).

Отже, за результатами аналізу ґрунту лабораторії *Stukenholtz Laboratory Inc.*, у 2022–2024 рр. на дослідній ділянці встановлено зниження забезпеченості рухомими формами бору від 0,61 мг/кг у 2022 р. до 0,27 мг/кг у 2024 р., що свідчило про виснаження борного балансу ґрунту. Таким чином, у 2022–2023 рр. вміст бору відповідав оптимальному рівню для сояшнику (0,6–1,0 мг/кг), тоді як у 2024 р. досяг дефіцитного рівня, що обумовлено підвищеною реакцією середовища (рН 7,7) та посушливими умовами східного Степу. Така ситуація створювала ризик зниження заповненості кошиків і олійності насіння, тому внесення борвмісних добрив у фазу 8–10 листків в теорії було необхідним елементом системи удобрення сояшнику для забезпечення стабільної продуктивності рослин [145–146].

Основною метою досліджень було визначення ефективності внесення бору у різні фази вегетації сояшнику та його вплив на урожайність гібридів Білоба і Сувекс у порівнянні з контрольним варіантом, де бор не застосовувався. Аналіз отриманих даних показав, що серед усіх варіантів внесення водорозчинного бору жоден не забезпечив позитивної прибавки урожайності у порівнянні з контролем. Найменші втрати врожайності спостерігалися при застосуванні бору у фазі R1–R2 за норми 1,5 л/га, де середня урожайність для обох гібридів склала 4,16 т/га, що лише на 0,14 т/га або 3% менше, ніж на контролі.

Аналіз строків внесення (фактор В) показав, що найвищу середню врожайність формувало одноразове внесення у фазі R1–R2 (3,24 т/га), тоді як обробка у фазі V8–V10 забезпечувала 3,18 т/га, а дробне застосування – 3,14 т/га. Різниця між крайніми варіантами становила 0,10 т/га, що не перевищує HP_{05} для фактора В (0,13 т/га), тобто вплив строку внесення в середньому за роки був статистично недостовірним. Контрольний варіант мав середню врожайність

гібриду Білоба за 2022–2024 рр. 3,52 т/га. Застосування Спектрум Борон 150 у нормі 1,5 л/га забезпечило врожайність 3,31 т/га, що на 0,21 т/га (-6 %) менше контролю. За підвищення дози до 3,0 л/га середній показник урожайності знижувався до 3,07 т/га (-0,45 т/га або -13 %). Обидві різниці перевищували НІР₀₅ для фактора А (0,15 т/га), що підтверджувало статистично достовірне зменшення врожайності з підвищенням норми внесення добрива (табл. 3.34).

Таблиця 3.34

**Урожайність соняшнику Білоба залежно від внесення борного добрива
Спектрум Борон 150 в різні фази вегетації, т/га, 2022–2024 рр.**

Доза Спектрум Борон, л/га (С)	Фаза норми внесення (В)	Рік (А)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	4,50	3,70	2,36	3,52	-	-	-	-
1,5 л/га	V8–V10	4,13	3,50	2,16	3,26	-8	-5	-9	-7
	R1–R2	4,50	3,45	2,06	3,34	0	-7	-13	-5
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	4,07	3,70	2,25	3,34	-10	0	-5	-5
	середнє	4,23	3,55	2,16	3,31	-6	-4	-9	-6
3 л/га	V8–V10	3,80	3,85	1,66	3,10	-16	4	-30	-12
	R1–R2	3,60	3,80	2,06	3,15	-20	3	-13	-10
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1–R2 (1,25л/га)	3,37	3,90	1,57	2,95	-25	5	-34	-16
	середнє	3,59	3,85	1,76	3,07	-20	4	-25	-13
Середнє	V8–V10	3,97	3,68	1,91	3,18	-12	-1	-19	-10
	R1–R2	4,05	3,63	2,06	3,24	-10	-2	-13	-8
	V8–V10 + R1–R2	3,72	3,80	1,91	3,14	-17	3	-19	-11
	середнє	3,91	3,70	1,96	3,19	-13	0	-17	-9
НІР ₀₅ , т/га	А – 0,19; В – 0,13; С – 0,15; АВ – 0,24; АС – 0,32; ВС – 0,30; ABC – 0,51								

У розрізі років найбільший рівень урожайності одержано у 2022 р. (3,91 т/га в середньому), тоді як у 2024 р., за умов вираженої посухи, показник зменшився до 1,96 т/га. Різниця між роками перевищувала НІР₀₅ для фактора А (0,19 т/га), що підтверджувало визначальний вплив погодних умов на формування продуктивності. Таким чином, попри позитивний вплив бору на

зниження передзбиральної вологості, його застосування у досліджених нормах не сприяло підвищенню врожайності гібриду Білоба КЛП. Підвищення дози до 3,0 л/га супроводжувалося достовірним зниженням продуктивності, що може свідчити про посилення фізіологічного навантаження на рослини, особливо за стресових умов вегетації (див. табл. 3.34).

Аналогічно до гібриду Білоба, жоден із варіантів позакореневого внесення водорозчинного бору на гібриді Сувекс не забезпечив позитивної прибавки врожайності у порівнянні з контролем. Контрольний варіант у середньому за 2022–2024 рр. сформував урожайність 3,59 т/га. Найменші втрати врожаю спостерігалися при застосуванні препарату Спектрум Борон 150 у нормі 1,5 л/га у фазі V8–V10, де середня врожайність становила 3,51 т/га, що лише на 0,08 т/га або 2 % менше порівняно з контролем. Близькі значення отримано також за внесення 1,5 л/га у фазі R1–R2 та за дробного внесення, де зниження становило 6 %. Аналіз дії норми внесення (фактор С) показав, що за середніми показниками найвищу продуктивність забезпечувала норма 1,5 л/га – 3,41 т/га, тоді як підвищення дози до 3,0 л/га знижувало врожайність до 3,17 т/га, або на 0,24 т/га (-12 %). У порівнянні з контролем зниження за норми 1,5 л/га становило 0,18 т/га (-5 %). Обидві різниці перевищують HP_{05} для фактора С (0,15 т/га), що підтверджує статистично достовірне зменшення врожайності зі збільшенням дози борного добрива.

Аналіз строків внесення (фактор В) показав, що найвищу середню врожайність формувало одноразове внесення у фазі V8–V10 – 3,37 т/га, тоді як у фазі R1–R2 показник становив 3,27 т/га, а за дробного застосування – 3,24 т/га. Різниця між крайніми варіантами дорівнювала 0,13 т/га, що дорівнює HP_{05} для фактора В (0,13 т/га), тому вплив строку внесення можна оцінити як на межі статистичної достовірності, з тенденцією до кращої ефективності раннього внесення (табл. 3.35).

Таблиця 3.35

**Урожайність соняшнику Сувекс залежно від внесення борного добрива
Спектрум Борон 150 в різні фази вегетації, т/га, 2022–2024 рр.**

Доза Спектрум Борон, л/га (С)	Фаза норми внесення (В)	Рік (А)				Прибавка до контролю, %			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Контроль	без бору	4,10	4,40	2,28	3,59	–	–	–	–
1,5 л/га	V8–V10	3,90	4,40	2,24	3,51	-5	0	-2	-2
	R1–R2	3,90	4,0	2,17	3,36	-5	-9	-5	-6
	V8–V10 (0,5 л/га) + R1–R2 (1,0 л/га)	4,00	4,00	2,12	3,37	-2	-9	-7	-6
	середнє	3,93	4,13	2,18	3,41	-4	-6	-4	-5
3 л/га	V8–V10	3,90	3,90	1,89	3,23	-5	-11	-17	-10
	R1–R2	4,00	3,50	2,04	3,18	-2	-20	-11	-11
	V8–V10 (1,75 л/га) + R1–R2 (1,25л/га)	3,20	4,00	2,09	3,10	-22	-9	-8	-14
	середнє	3,70	3,80	2,01	3,17	-10	-14	-12	-12
Середнє	V8–V10	3,90	4,15	2,07	3,37	-5	-6	-9	-6
	R1–R2	3,95	3,75	2,11	3,27	-4	-15	-7	-9
	V8–V10 + R1–R2	3,60	4,00	2,11	3,24	-12	-9	-7	-10
	середнє	3,82	3,97	2,09	3,29	-7	-10	-8	-8
НІР ₀₅ , т/га	А – 0,19; В – 0,13; С – 0,15; АВ – 0,24; АС – 0,32; ВС – 0,30; АВС – 0,51								

У розрізі років найбільший рівень урожайності відзначено у 2023 р. – 3,97 т/га в середньому, тоді як у 2024 р., за умов вираженої атмосферної та ґрунтової посухи, показник знизився до 2,09 т/га. Різниця між роками становила 1,88 т/га, що значно перевищує НІР₀₅ для фактора А (0,19 т/га), підтверджуючи визначальний вплив погодних умов на реалізацію продуктивного потенціалу гібриду Сувекс.

Особливо помітним було негативне зниження врожайності за підвищеної дози 3,0 л/га, де за дробного внесення середній показник зменшувався до 3,10 т/га, що відповідало -14 % до контролю. Це може свідчити про посилення фізіологічного навантаження на рослини та частковий прояв борної токсичності, особливо в умовах високих температур і дефіциту вологи у фазі формування генеративних органів (див. табл. 3.35).

Дослідження впливу позакореневого внесення водорозчинного бору на масу 1000 насінин соняшнику в умовах східного Степу України показали суттєву залежність цього показника від норми внесення, фази застосування добрива та

біологічних особливостей гібридів Білоба і Сувекс. На контролі, де обробки не проводили, середня маса 1000 насінин становила 54,7 г для Білоби і 51,0 г для Сувекса.

Це відповідало типовим для посушливих умов Степу значенням і відображало генетичні особливості гібридів, зокрема дещо більшу насіннєву масу у середньостиглого високоолійного гібриду Білоба. При цьому варіація показника за роками була статистично достовірною ($HP_{05}(A) = 3,3$), оскільки 2024 рік характеризувався зменшенням маси насіння на 3–4 г порівняно з 2022 роком, що зумовлено зниженим рівнем опадів і високими температурами в період наливу насіння

Застосування бору у нормі внесення 1,5 л/га призводило до помітного зниження маси 1000 насінин, яке залежало від фази внесення. При обробці у фазі V8–V10 у гібрида Білоба маса зменшувалася до 49,7 г (-9,1%), а у Сувекса – до 46,3 г (-9,2%), що перевищувало поріг достовірності $HP_{05}(C) = 2,5$ г. Подальше зміщення фази внесення до R1–R2 (початок цвітіння) супроводжувалося більш вираженим пригніченням – маса 1000 насінин зменшувалася в середньому до 48,3 г (-11,6%) у Білоби та до 46,0 г (-9,8%) у Сувекса. Це свідчило про підвищену чутливість рослин до пізніх борних підживлень, коли активність транспорту асимілянтів спрямована на формування генеративних органів, і надлишкове надходження мікроелементу може порушувати баланс між бором та кальцієм у тканинах сім'янок. При комбінованому внесенні – 0,5 л/га у фазі V8–V10 + 1,0 л/га у R1–R2 – результати виявилися суперечливими: у Білоби маса знизилася до 47,3 г (-13,4%), тоді як у Сувекса навпаки утримувалася на рівні 49,3 г (-3,3%). Така різноспрямована реакція гібридів вказувала на істотну взаємодію «норма × фаза × гібрид» ($DB \times C$), яка за величиною відхилень перевищувала критичні значення $HP_{05}(DB) = 3,6$ г і $HP_{05}(AC) = 3,8$ г. Підвищення норми до 3,0 л/га загалом не призводило до суттєвого покращення показників, а в більшості варіантів навіть погіршувало їх, що свідчило про розвиток граничних ефектів насичення бором (табл. 3.36).

Таблица 3.36

Маса 1000 насінин гібридів соняшнику залежно від внесення добрива

Спектрум Борон 150 в різні фази вегетації, г, 2022–2024 рр.

[illegible]

Так, за норми внесення у фазі V8–V10 маса 1000 насінин становила 49,3 г у Білоби (-9,8%) і 49,3 г у Сувекса (-3,3%). При внесенні у R1–R2 показники знижувалися до 47,3 г і 47,7 г відповідно (-13,4–6,5%), що підтверджувало небажаність пізнього обробітку високими нормами внесення. Найбільш виражене зниження маси насіння спостерігалось за роздільного внесення 3,0 л/га (1,25 л/га V8–V10 + 1,75 л/га R1–R2) – у Білоби маса зменшилася до 45,7 г (-16,5%), а у Сувекса – до 45,7 г (-10,5%). Такі втрати перевищували критичні межі HP_{05} , що свідчило про достовірно негативний вплив надлишкових концентрацій бору за дворазового внесення. У середньому за три роки досліджень більш толерантним до дії бору виявився гібрид Сувекс, який у інших варіантах (3,0 л/га у V8–V10 або 1,5 л/га) зберігав масу 1000 насінин на рівні 49,0–49,3 г, що відповідало зниженню лише на 3–6 % і не перевищувало межі статистичної достовірності. Для гібриду Білоба спостерігалася більша чутливість до фази та норми внесення: від -9 % за разового внесення 1,5 л/га (V8–V10) до -16 % за високої сумарної норми внесення. Отже, надмірне насичення бором, особливо у пізні фази вегетації або за повторного внесення, проявлялося у зменшенні маси насіння через порушення процесів наливу й накопичення сухих речовин у сім'янках. Встановлено, що оптимальними для умов східного Степу були ранні фази внесення (V8–V10) з помірними нормами (1,5–3,0 л/га). Такий режим забезпечував відносно стабільну масу насіння та не перевищував порогу токсичності для обох гібридів. Для Сувекса, який виявив більшу фізіологічну виживаність до бору, допустимим залишалось 3,0 л/га у фазі V8–V10. Натомість для Білоби КЛП доцільно обмежувати дозу до 1,5 л/га і уникати пізнього або розділеного внесення.

Отримані результати свідчать, що, попри важливу роль бору у формуванні генеративних органів, перевищення оптимальної дози або порушення термінів внесення може спричинювати значущі зниження маси насіння до 10–15 % порівняно з контролем (див. табл. 3.36).

Для оцінки виповненості центру кошика соняшнику нами була розроблена власна методика, яка дозволяє об'єктивно визначити рівень реалізації потенціалу

гібридів за умов різного фоліарного внесення водорозчинного бору. Цей показник є важливим індикатором якості запилення, рівня забезпечення рослин елементами живлення у фазі цвітіння та наливу насіння, а також адаптивної здатності генотипів до стресових умов середовища. Облік проводили шляхом візуальної оцінки центральної частини суцвіття у фазах R7–R9, коли кошики досягали повної стиглості.

На основі багаторічних спостережень автором було створено дев'ятибальну шкалу оцінки, яка передбачала визначення ступеню невивпнення центру кошика в сантиметрах.

Оцінку проводили за такою градацією: 9 балів надавали рослинам, у яких центр кошика був повністю вивпнений насінням; 5 балів – якщо площа невивпнення становила від 0,1 до 4 см у діаметрі; 1 бал – якщо понад 6 см центральної частини залишалось без вивпненого насіння. Результати досліджень показали, що рівень вивпненості центру кошика істотно залежав від норми внесення бору (фактор D), фази його застосування (фактор B), генотипу (фактор C) та погодних умов року (фактор A), а також від їх взаємодії.

Показник вивпненості кошика відображає поєднаний вплив фізіологічних процесів запилення, засвоєння бору та водного режиму у критичні фази органогенезу. Запропонований показник інтегрує інформацію про інтенсивність запилення, ефективність мінерального живлення, зокрема бором, та водний режим у критичні фази органогенезу (табл. 3.37).

Таблиця 3.37

**Шкала оцінки вивпненості центру кошика на різних
генотипах соняшника**

Характеристика	Коли проводиться облік	Бал 1	Бал 5	Бал 9
Показник наповненості кошика по центру	R7–R9	Більше 6 см кошика по центру мають не вивпнене насіння	0,1–4 см кошика по центру мають не вивпнене насіння	Усе насіння в центрі кошика є вивпнене

На контролі без фоліарного внесення бору середній бал становив 8,3, що відповідало повній або майже повній виповненості центру кошика і свідчило про відсутність критичного дефіциту бору в ґрунтово-кліматичних умовах досліду. Водночас у варіантах із оптимізованими нормами та строками внесення бору в окремі роки фіксували тенденцію до підвищення стабільності цього показника, особливо за умов нестійкого водного режиму.

Серед досліджуваних гібридів найвищу стабільність виповненості центру кошика продемонстрував гібрид Сувекс, для якого середнє значення показника становило 9,0 балів незалежно від року дослідження.

Натомість гібрид Білоба виявився більш чутливим до поєднання дефіциту вологи та порушень мікроелементного живлення. Внесення бору у нормі 1,5 л/га у фазах V8–V10 або R1–R2 не спричинило достовірних змін у показнику виповненості центру кошика порівняно з контролем (7,7–8,0 балів, або 0–8 % відхилення).

Зокрема, у 2024 р. за умов водного стресу у фазі цвітіння та початку наливу насіння середній бал виповненості центру кошика у цього гібриду знижувався до 5,0, що свідчило про часткову нереалізацію потенціалу репродуктивного розвитку.

Це свідчило про те, що помірна норма внесення водорозчинного бору позитивно впливала на метаболічну активність рослин без проявів фітотоксичності. Комбіноване внесення у дві фази (V8–V10 – 0,5 л/га + R1–R2 – 1,0 л/га) також забезпечило стабільний рівень виповненості (7,7 балів), що свідчило про рівномірне засвоєння бору рослинами та сприятливий вплив на процеси запліднення та формування насіння. Підвищення норми внесення бору до 3,0 л/га у фазі V8–V10 не дало суттєвого покращення показника, а в окремих випадках навіть спостерігалось його зниження, особливо у гібрида Сувекс, де виповненість центру кошика зменшилася до 7,7 балів (на 14,8 % менше за контроль) (рис. 3.9).

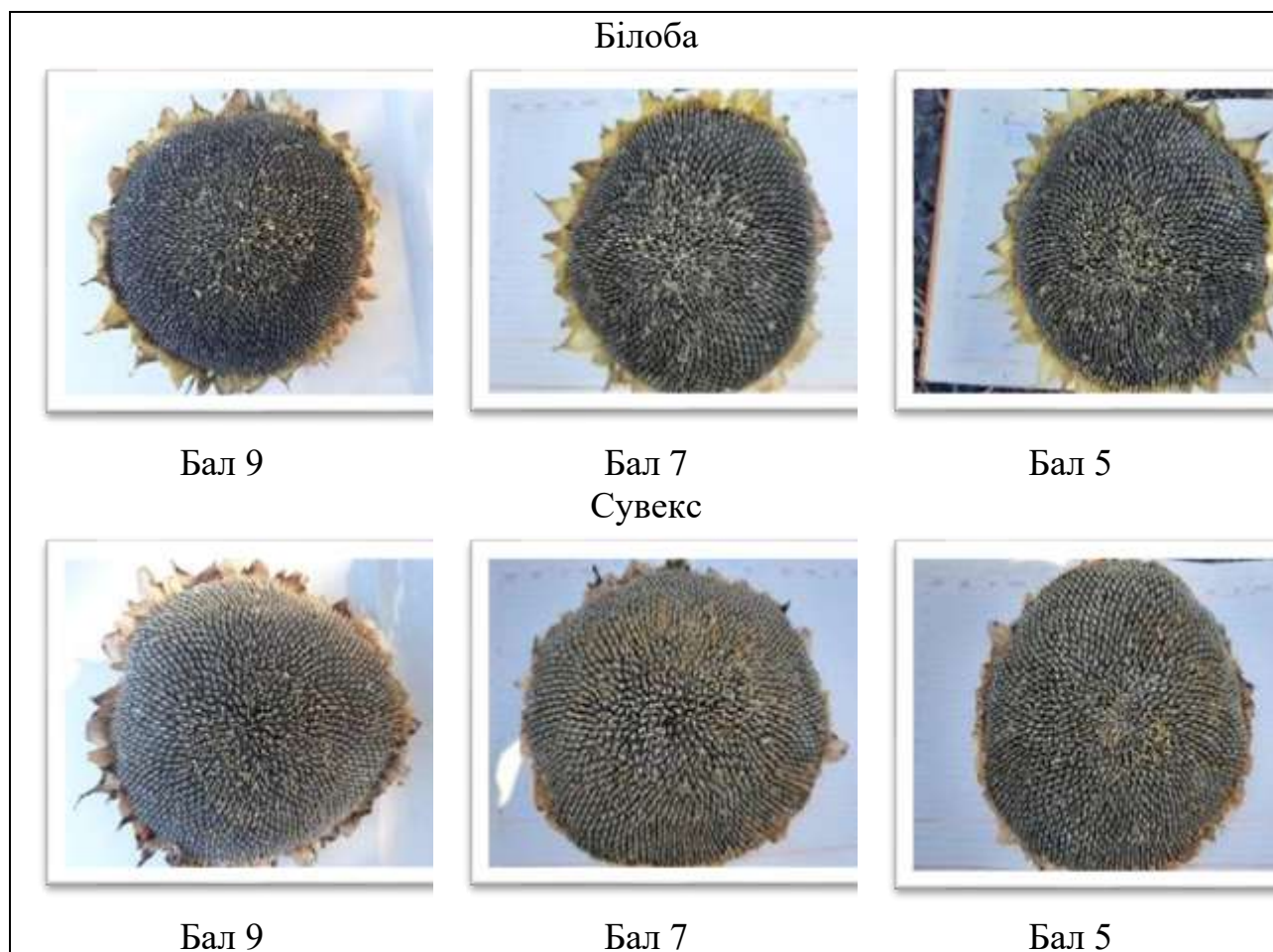


Рис. 3.9. Шкала оцінки виповненості центру кошика соняшника

. Це могло бути пов'язано з надлишком бору у тканинах листя, який за умов посухи частково гальмував обмін речовин, що могло призводити до порушення фертильності пилку. Найбільш виражене зниження показника спостерігалось у варіанті з підвищеними нормами внесення в обидві фази (V8–V10 – 1,25 л/га + R1–R2 – 1,75 л/га), де середній бал становив лише 5,0, що відповідало зменшенню виповненості центру кошика на 34,8–44,4 % залежно від гібриду. Це свідчило про надлишкове насичення рослин бором, яке могло викликати фізіологічний стрес і негативно вплинути на процеси формування генеративних органів. Дисперсійний аналіз показав, що найвагоміший вплив на варіацію ознаки мали норма внесення бору ($HP_{05} = 3,33$), фаза норми внесення (2,9), а також взаємодії АВ (3,2), АС (4,0) та АД (4,3) (табл. 3.38).

Таблица 3.38

Виповненість центру кошика гібридів соняшнику залежно від внесення борного добрива Спектрум Борон 150, бал, 2022–2024 рр.

[illegible]

Це свідчило, що ефект застосування бору істотно залежав як від генотипу, так і від погодних умов року, особливо за різного рівня вологозабезпеченості у період цвітіння.

Таким чином, внесення водорозчинного бору в помірних нормах внесення (до 1,5 л/га) позитивно впливало на процес виповнення центру кошика, сприяючи повнішому запиленню та наливу насіння. Оптимальним виявилось внесення добрива у фазах V8–V10 або комбіновано у V8–V10 + R1–R2, що забезпечувало стабільну виповненість кошика на рівні 7,7–8,3 балів без проявів стресу. Надмірне підвищення норми внесення або подвійне обприскування великими нормами, навпаки, знижувало виповненість центру кошика та негативно впливало на якість насіння (див. табл. 3.38).

З метою уточнення отриманих результатів було проведено повторний аналіз ґрунту на вміст рухомого бору в сертифікованій національній лабораторії (Ukravit Institute). Отримані дані суттєво відрізнялися від результатів попереднього аналізу та показали дуже високий вміст рухомого бору (Дод. Б 8), а не низький або середній, як це було наведено за результатами лабораторії із США (Дод. Б.1–Б.3).

Основний зміст, на якому базувалося наше дослідження, полягав не лише в обстеженні ґрунту на вміст бору перед його внесенням, а й у тому, щоб уникати внесення «всліпу», як це часто практикується в більшості випадків. З огляду на це, для підвищення достовірності оцінки забезпеченості ґрунту бором доцільним було проведення паралельних аналізів у кількох незалежних лабораторіях. Водночас польові результати дослідження, зокрема відсутність позитивної реакції рослин на додаткове внесення бору або навіть зниження урожайності, свідчили про достатній або підвищений рівень забезпечення елементом, що узгоджувалося з результатами повторного аналізу та підтверджувало необхідність комплексного підходу до інтерпретації агрохімічних показників.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що застосування гербіцидів знижувало привабливість посівів соняшнику для бджіл із 6,11 до 1,11–4,33 бджоли/кошик (-29–82%), що було ключовим фактором зменшення урожайності. Між активністю бджіл і врожайністю було встановлено тісний прямий зв'язок ($r = 0,95$; +0,23 т/га на 1 бджолу/кошик). Найбільш негативний вплив мав гербіцид Геліантекс, який знижував урожайність на 1,05–1,15 т/га (22–27%), а у 2024 р. – до 0,86 т/га (35%). Встановлено, що за погіршення погодних умов активність бджіл знижувалася з 5,00 у 2023 р. до 1,28 бджоли/кошик у 2024 р., що супроводжувалося падінням рівня урожайності з 4,80 до 2,49 т/га. Зменшення відвідуваності призводило до зниження кількості насінин у кошику з 1265 шт. до 926–964 шт. (-24–27%) і маси 1000 насінин на 17–18%. Діаметр кошика за дії Геліантексу зменшувався з 20–22 см до 16–19 см (-5–27%). Таким чином, гербіциди знижували продуктивність соняшнику переважно через зменшення активності запилювачів, а цей ефект посилювався за посушливих умов.

2. Встановлено, що оптимальна густота рослин для формування максимальної урожайності соняшника становила 45–55 тис. рослин/га, де урожайність досягала 4,26–4,66 т/га у Білоби та 3,82–4,03 т/га у Дакстона, що перевищувало контроль на 0,11–0,54 т/га (2,7–13,7%), а в посушливому 2024 р. забезпечувало прибавку 14,5–25,0%. За зниження густоти до 35 тис./га різко зростала індивідуальна продуктивність: кількість насінин до 1903–2255 шт. (+41–101%), маса 1000 насінин до 63–69 г (+5–41%) і діаметр кошика до 20,5–23,0 см (+11–19%), однак це не компенсувало зменшення кількості рослин. За підвищення густоти до 65 тис./га відмічалось зниження кількості насінин до 740–1249 шт. (-9–23%) і діаметра кошика до 17,5–19,0 см (-4–6%). Висота рослин зростала до 235 см за 55–65 тис./га, але в стресових умовах 2024 р. вирівнювалася на рівні 159–170 см. Рівень вилягання залишався низьким (1,0–6,0%) і знижувався до 1,0% у 2024 р. за густоти 35–55 тис./га (-66,7% до контролю). Гібрид Білоба проявив вищу компенсаторну здатність, забезпечуючи збільшення кількості насінин на 23–49% проти 7–20% у Дакстона. Отже, максимальна

індивідуальна продуктивність формувалася за 35–40 тис./га, однак максимальна урожайність досягалася за 45–55 тис. рослин/га за рахунок оптимального поєднання густоти та продуктивності рослин.

3. Встановлено істотну залежність толерантності соняшнику до гербіцидів від препарату та дози внесення: за застосування Геліантексу виживаність знижувалася з 100% до 88,3–64,2% (-11,7–35,8%), тоді як Пульсар Флекс забезпечував 90,3–99,5% навіть за підвищених доз. Найвища урожайність формувалася за застосування гербіциду Пульсар Флекс 1,6 л/га – 3,54 т/га (на рівні контролю), тоді як підвищення дози до 3,2 л/га знижувало її до 3,22 т/га (-9%; різниця 0,32 т/га > $НІР_{05} = 0,14$). Найбільш негативний вплив мав гербіцид Геліантекс, який знижував урожайність до 2,45 т/га (-31%), а у Білоби – до 2,09 т/га (-38%). Під його дією висота рослин зменшувалася з 191,9 см до 166,3–166,9 см (-13%), а діаметр кошика – з 21,7 см до 15,3 см (-30%). Пульсар Флекс викликав значно менші зміни: висота знижувалася лише на 5–10%, діаметр кошика – на 3–12%. Отже, Геліантекс навіть за мінімальної дози (0,045 л/га) знижував урожайність на 16%, тоді як Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га був більш селективним і безпечним для культури.

4. Встановлено, що позакореневе внесення бору (1,5–3,0 л/га) за його високого вмісту у ґрунті не підвищувало урожайність соняшнику і навіть знижувало її: у Білоби з 3,52 т/га до 3,31–3,07 т/га (-6–13%). Найменші втрати спостерігалися за внесення 1,5 л/га у фазі R1–R2 (-0,14 т/га, або -3%), при цьому вплив строків внесення був недостовірним (різниця 0,10 т/га < $НІР_{05} = 0,13$). Внесення бору супроводжувалося зниженням маси 1000 насінин на 7,8–11,0%, а за дробного внесення 3,0 л/га – до 45,7 г (-10,5–16,5%). Виповненість центру кошика також зменшувалася з 8,3 до 7,7 бала (-8%), а за дробного внесення – до 5,0 бала (-40%). Гібрид Сувекс проявив вищу толерантність, зберігаючи масу 1000 насінин на рівні 47,8–49,3 г.

РОЗДІЛ 4

ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

4.1. Вплив ґрунтових і страхових гербіцидів на якість насіння

Встановлено, що на контролі (без застосування гербіцидів), де природна активність запилювачів не обмежувалася, середній вміст олії за три роки досліджень (2022–2024 рр.) становив 52,2 %. Найвищі показники було зафіксовано у гібрида Білоба (53,6 %) та Неома (53,0 %), тоді як у гібрида Сувекс цей показник був дещо нижчим – 50,1 %. Застосування ґрунтових гербіцидів у варіантах Примекстра ТЗ Голд + Яструб та Екліпс + Філдер призводило до незначного, але системного зниження вмісту олії на 1,1–2,3 % порівняно з контролем. У середньому по гібридах ці показники становили 51,1 % та 49,9 % відповідно. Ймовірно, таке зниження було зумовлене частковим пригніченням біологічної активності рослин у ранні фази росту, що могло впливати на подальший розвиток генеративних органів і непрямом зменшувати ефективність запилення бджолами через уповільнення формування квіткових структур.

У варіантах застосування страхових гербіцидів спостерігалось більш помітне зниження вмісту олії, що свідчило про стресовий вплив гербіцидів на рослини в період активного цвітіння. Найбільше зменшення показника зафіксовано після обробки гербіцидом Геліантекс 45 г/га – середній вміст олії знизився до 47,2 %, або на 5 % нижче контролю. Дещо менший, але також негативний ефект спостерігався у варіантах зі Стелсом (49,6 %) та Челенджем (50,9 %), де втрата становила 2,6–1,4 % порівняно з контролем. Водночас, у гібрида Сувекс у варіанті Челендж 0,4 л/га відмічено підвищення вмісту олії на 2,3 %. Застосування гербіцидів із м'якою дією (Примекстра ТЗ Голд + Яструб, Пульсар Флекс) дозволяло зберегти вміст олії на рівні 50–52 %, тоді як у разі використання сильнодіючих страхових гербіцидів (Геліантекс, Стелс)

відзначалося істотне зниження цього показника. Це підкреслило необхідність оптимізації гербіцидних схем (табл.4.1).

Таблиця 4.1

**Вміст олії у гібридів соняшника залежно від внесення ґрунтових та
страхових гербіцидів, %, 2022–2024 рр.**

Гербіцид (С)	Гібрид (В)	Показник вмісту олії в окремий рік (А)				± до контролю %
		2022	2023	2024	середня	
Контроль	Білоба	51,3	57,0	52,5	53,6	—
	Неома	50,8	53,3	54,9	53,0	—
	Сувекс	50,0	51,8	48,6	50,1	—
	середнє	50,7	54,0	52,0	52,2	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	Білоба	49,5	54,9	51,4	51,9	-1,67
	Неома	48,8	54,9	50,8	51,5	-1,48
	Сувекс	48,6	52,5	48,4	49,8	-0,31
	середнє	48,9	54,1	50,2	51,1	-1,16
Екліпс + Філдер	Білоба	48,6	52,3	52,5	51,1	-2,48
	Неома	48,7	51,2	50,8	50,2	-2,73
	Сувекс	48,4	48,9	48,0	48,4	-1,72
	середнє	48,5	50,8	50,4	49,9	-2,31
Геліантекс	Білоба	46,5	45,3	48,5	46,8	-6,85
	Неома	46,6	48,3	47,9	47,6	-5,37
	Сувекс	48,5	46,6	47,0	47,4	-2,79
	середнє	47,2	46,7	47,8	47,2	-5,00
Стелс	Білоба	49,7	51,4	48,6	49,9	-3,70
	Неома	49,8	50,6	49,9	50,1	-2,86
	Сувекс	46,3	50,6	49,7	48,9	-1,28
	середнє	48,6	50,9	49,4	49,6	-2,61
Челендж	Білоба	48,1	55,0	49,0	50,7	-2,90
	Неома	48,4	51,6	48,5	49,5	-3,48
	Сувекс	50,1	53,8	53,2	52,4	2,26
	середнє	48,9	53,5	50,2	50,7	-1,38
Середнє	Білоба	48,9	52,6	50,4	50,7	—
	Неома	48,8	51,6	50,5	50,3	—
	Сувекс	48,6	50,7	49,1	49,5	—
	середнє	48,8	51,7	50,0	50,2	—
НІР ₀₅	А – 2,45; В – 2,01; С – 1,96; АВ – 3,93; АС – 4,44; ВС – 4,47; АВС – 6,31					

Збір олії соняшнику з одиниці площі є важливим господарським показником. Згідно результатів досліджень, середній вихід олії на контролі без застосування гербіцидів становив 2,01 т/га, що відповідало рівню урожайності 3,84 т/га та середньому вмісту олії 52,2 %. Серед гібридів найвищий результат мав Неома – 2,14 т/га, що пояснюється поєднанням високого вмісту олії (53,0 %) та доброї виповненості кошиків. Для Білоби цей показник становив 2,02 т/га, а для Сувекса – 1,87 т/га, що також узгоджується з морфологічними особливостями гібридів і різницею у їхньому цвітінні, тривалості фази R5 та привабливості для бджіл.

Застосування ґрунтових гербіцидів Примекстра ТЗ Голд + Яструб та Екліпс + Філдер призводило до зниження збору олії на 9–12 % у середньому по гібридах. Найменші втрати (-6,4 %) спостерігалися у гібрида Сувекс, який відзначався кращою толерантністю до дії ґрунтових гербіцидів і стабільною активністю запилювачів.

Зменшення виходу олії в середньому до 1,78–1,76 т/га пояснювалося тим, що застосування гербіцидів на ранніх етапах вегетації могло частково вплинути на розвиток генеративних органів і, відповідно, на їхню привабливість для бджіл. Більш відчутне зниження виходу олії спостерігалось після використання страхових гербіцидів, внесених у період активного росту рослин. Так, після обробки гербіцидом Геліантекс 45 г/га вихід олії зменшувався до 1,33 т/га, що становило -33,8 % відносно контролю. Найчутливішим виявився гібрид Білоба, у якого втрати досягали -43 %, тоді як у НК Неоми й Сувекса -30,6 % і -27,3 % відповідно. Це свідчило, що використання Геліантексу у фазі бутонізації негативно позначалося як на стані репродуктивних органів, так і на залученні запилювачів, ймовірно, через тимчасове зменшення нектаровиділення. Гербіциди Стелс (0,35 л/га) та Челенж (0,4 л/га) викликали помірне зниження збору олії – у середньому на 19–22 % порівняно з контролем. У цих варіантах зберігалася відносна стабільність вмісту олії (49–51 %), проте зменшення урожайності обумовило загальне зниження олійної продуктивності. Варто

відзначити, що гібрид Сувекс знову проявив кращу реакцію, підтримуючи вихід олії на рівні 1,60–1,69 т/га, що становить лише 9–14 % втрат (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вихід олії у гібридів соняшнику залежно від ґрунтових та страхових гербіцидів, т/га, 2022–2024 рр.

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Вихід олії, т/га	± до контролю, т/га	± до контролю, %
Контроль	Білоба	2,02	—	—
	Неома	2,14	—	—
	Сувекс	1,87	—	—
	середнє	2,01	—	—
Примекстра ТЗ Голд + Яструб	Білоба	1,71	-0,30	-14,9
	Неома	1,89	-0,25	-11,6
	Сувекс	1,75	-0,12	-6,4
	середнє	1,78	-0,23	-11,0
Екліпс + Філдер	Білоба	1,62	-0,40	-19,5
	Неома	1,92	-0,22	-10,3
	Сувекс	1,75	-0,12	-6,4
	середнє	1,76	-0,25	-12,4
Геліантекс	Білоба	1,15	-0,87	-43,2
	Неома	1,49	-0,65	-30,6
	Сувекс	1,36	-0,51	-27,3
	середнє	1,33	-0,68	-33,8
Стелс	Білоба	1,49	-0,52	-25,7
	Неома	1,67	-0,47	-22,0
	Сувекс	1,69	-0,18	-9,6
	середнє	1,62	-0,39	-19,1
Челендж	Білоба	1,49	-0,53	-26,2
	Неома	1,60	-0,54	-25,2
	Сувекс	1,60	-0,27	-14,4
	середнє	1,56	-0,45	-21,9
Середнє	Білоба	1,58	-0,44	-21,9
	Неома	1,79	-0,35	-16,4
	Сувекс	1,67	-0,20	-10,7
	середнє	1,68	-0,33	-16,3

Найбільш збалансованим серед страхових варіантів виявився Пульсар Флекс (1,6 л/га), який забезпечив середній вихід олії 1,62 т/га при зниженні лише на 22,2 % відносно контролю. Гербіцид характеризувався високою селективністю та мінімальним впливом на активність запилювачів, що підтверджує його безпечність у технологічних схемах вирощування соняшнику в умовах Степу України.

4.2. Вплив густоти рослин на показники якості насіння

Фактор густоти рослин (В) суттєво впливав на вміст олії. У середньому за роки спостережень (2022–2024 рр.) найвищі значення відмічалися за густоти 45–55 тис. рослин/га, де середній вміст олії досягав 48,2–48,3 %, що було лише на 0,2–0,4 % нижче за контроль (48,5 %) і знаходилося в межах статистичної похибки ($HP_{05} = 0,38$). За густоти 50 тис. рослин/га середній вміст олії становив 47,8 % (менше на 0,7 % до контролю), тоді як при 40 тис./га – 47,7 % (зменшення на 0,8 %). Найменші значення відмічалися при розрідженні посівів до 35 тис./га – 47,2 % (-1,3 %), що свідчило про певне зниження ефективності використання площі живлення та формування продуктивних рослин. При зменшенні густоти до 35 тис./га відмічалася незначна варіабельність (46,7–47,7 %), тоді як при загущенні понад 65 тис./га спостерігалось навіть незначне підвищення показника до 49,3 % (+0,8 % до контролю), однак цей ефект не перевищував HP_{05} і не може вважатися статистично достовірним. Таким чином, у середньому по досліді вплив густоти на вміст олії був відносно слабо вираженим і коливався в межах $\pm 1,3$ % від контролю. Аналіз за гібридами показав, що Дакстон формував дещо вищий середній вміст олії (48,4 %) порівняно з Білобою (47,9 %). При цьому реакція гібридів на густоту була різною. Наприклад, у гібрида Дакстон максимальні значення вмісту олії були за густоти 45–65 тис./га (48,7–49,3 %). Щодо гібриду Білоба, то він характеризувався більш стабільною реакцією, утримуючи показник вмісту олії у межах 47,7–48,0 % при густотах 40–55 тис./га (табл. 4.3).

Таблиця. 4.3

**Вміст олії у гібридів соняшнику залежно від густоти рослин
на момент збирання, %, 2022–2024 рр.**

Густота рослин, тис./га (В)	Гібрид (С)	Показник вмісту олії за роками (А)				± до контролю
		2022	2023	2024	середня	%
35	Білоба	48,0	46,0	46,0	46,7	-2,1
	Дакстон	49,0	47,0	47,0	47,7	-3,4
	середнє	48,5	46,5	46,5	47,2	-2,7
40	Білоба	48,0	47,0	49,0	48,0	+0,7
	Дакстон	49,0	47,0	46,0	47,3	-4,1
	середнє	48,5	47,0	47,5	47,7	-1,6
45	Білоба	48,0	47,0	48,0	47,7	0,0
	Дакстон	50,0	48,0	49,0	49,0	-0,7
	середнє	49,0	47,5	48,5	48,3	-0,4
50	Білоба	49,0	47,0	48,0	48,0	+0,7
	Дакстон	49,0	48,0	46,0	47,7	-3,4
	середнє	49,0	47,5	47,0	47,8	-1,4
55	Білоба	48,0	47,0	48,0	47,7	0,0
	Дакстон	50,0	48,0	48,0	48,7	-1,4
	середнє	49,0	47,5	48,0	48,2	-0,6
Контроль 60	Білоба	48,0	48,0	47,0	47,7	–
	Дакстон	49,0	49,0	50,0	49,3	–
	середнє	48,5	48,5	48,5	48,5	–
65	Білоба	50,0	48,0	50,0	49,3	+3,5
	Дакстон	50,0	48,0	50,0	49,3	0,0
	середнє	50,0	48,0	50,0	49,3	+1,6
середнє	Білоба	48,7	47,1	48,0	47,9	0,4
	Дакстон	49,4	47,9	48,0	48,4	-1,8
	середнє	49,0	47,5	48,0	48,2	-0,6
НІР ₀₅	А – 0,42; В – 0,38; С – 0,57; АВ – 1,49; АС – 1,63; ВС – 1,61; АВС – 3,75					

Вплив року (С) був статистично достовірний і відігравав визначальну роль у формуванні вмісту олії в насінні соняшнику. У середньому за досліджуваними

варіантами у 2022 р. показники вмісту олії становили 48,7–49,4 % (у середньому 49,0 %), що відповідало найбільш сприятливим умовам вологозабезпечення та температурного режиму у фазі наливу насіння. У 2023 р. спостерігалось зниження показника до 47,1–47,9 % (у середньому 47,5 %), тобто на 1,5 % менше порівняно з 2022 р. У 2024 р., попри більш стресові умови, середній вміст олії становив 48,0 %, що було на 0,5 % нижче рівня 2022 р., але на 0,5 % вище, ніж у 2023 р. Амплітуда варіації показника за роками становила близько 1,5 %, що перевищувало $НІР_{05}$ для фактора А (0,57) і підтверджувало статистичну достовірність впливу погодних умов. Отримані дані свідчили, що найбільш критичним періодом формування вмісту олії була фаза наливу насіння, коли навіть незначні коливання вологості та температури змінювали інтенсивність синтезу жирів.

Статистично достовірною взаємодією факторів гібрид \times густота (ВС) підтверджувалася диференційована реакція генотипів на зміну густоти рослин. У гібрида Дакстон максимальні значення за вмістом олії в насінні досягали 49,0 % за густоти 45 тис./га та 48,7 % при 55 тис./га, тоді як при зріджених посівах (35 тис./га) показник становив 47,7 %, а при загущенні до 65 тис./га – 49,3 %. У гібрида Білоба варіація була менш вираженою: від 46,7 % за густоти 35 тис./га до 49,3 % за 65 тис./га, при цьому в інтервалі 40–55 тис./га показники залишалися відносно стабільними на рівні 47,7–48,0 %. Різниця між гібридами у межах окремих густот досягала 1,3 %, що перевищувало $НІР_{05}$ для фактора С (0,42) і свідчило про істотну роль генотипу у формуванні олійності.

Взаємодія гібрид \times рік (АС) вказувала на залежність реалізації генетичного потенціалу від погодних умов. У 2022 р. різниця між гібридами становила 0,6 % (48,7 % у Білоби проти 49,4 % у Дакстона), у 2023 р. вона становила 0,8 % (47,1 % проти 47,9 %), а у 2024 р. практично нівелювалася (обидва гібриди – 48,0 %). Це свідчило, що за більш стресових умов відбувалося вирівнювання показників вмісту олії в насінні, що пояснювалося обмеженням фізіологічних процесів у рослин незалежно від генотипу.

Взаємодія густота \times рік (AB) показала, що ефект густоти посіву залежав від умов вологозабезпечення. У 2022 р. різниця між крайніми варіантами густоти (35 і 65 тис./га) становила 1,5 % (47,2–49,3 %), тоді як у 2023 р. – близько 1,0 % (46,7–47,7 %), що свідчило про зменшення впливу густоти за менш сприятливих умов. У 2024 р. різниця знову зростала до 1,3 %, що пояснювалося посиленням конкуренції між рослинами за обмежених запасів вологи.

У середньому за три роки досліджень оптимальні показники вмісту олії формувалися за густоти 45–55 тис. рослин/га, де значення становили 48,2–48,3 %, що знаходилися на рівні контролю (48,5 %) або відрізнялися в межах статистичної похибки. При зріджених посівах (35 тис./га) вміст олії знижувався до 47,2 % (-1,3 % до контролю), тоді як при загущенні до 65 тис./га підвищувався до 49,3 % (+0,8 %), однак ці відмінності не у всіх випадках перевищували HP_{05} для фактора С (0,38).

У цілому густота рослин впливала на вміст олії в межах 1,0–1,5 %, тоді як погодні умови року визначали варіацію показника на рівні до 1,5–2,0 %. Оптимальною для забезпечення стабільного вмісту олії була густота 45–55 тис. рослин/га, проте загальний вплив цього фактора поступався впливу гідротермічних умов та біологічних особливостей гібридів (див. табл. 4.3).

Встановлено, що густота рослин на момент збирання мала істотний вплив на вихід олії з одиниці площі, що зумовлено поєднанням фізіологічних процесів наливу насіння, фотосинтетичної активності посіву та умов мікроклімату всередині агроценозу. Встановлено, що реакція гібридів Білоба та Дакстон на зміну густоти рослин була відмінною, проте мала спільну закономірність – надмірне зменшення або збільшення кількості рослин негативно позначалося на продуктивності олії. На контрольному варіанті з густотою 60 тис. рослин/га вихід олії становив у середньому 1,43 т/га, що відповідало урожайності 3,12 т/га та середньому вмісту олії 45,5 %. Цей рівень можна вважати типовим для посушливих умов східного Степу, де соняшник часто формує середню насіннєву масу за обмеженого водопостачання у фазі наливу (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вихід олії залежно від густоти рослин гібридів соняшнику на момент збирання, т/га, 2022–2024 рр.

Густота, тис. росл./га (В)	Гібрид (А)	Вихід олії, т/га	± до контролю, т/га	± до контролю, %
35	Білоба	1,43	-0,06	-4,0
	Дакстон	1,32	-0,04	-2,9
	середнє	1,38	-0,05	-3,5
40	Білоба	1,58	+0,11	+7,5
	Дакстон	1,40	-0,04	-2,8
	середнє	1,49	+0,03	+2,0
45	Білоба	1,67	+0,20	+13,6
	Дакстон	1,40	-0,03	-2,1
	середнє	1,54	+0,08	+5,5
50	Білоба	1,67	+0,21	+14,4
	Дакстон	1,43	+0,02	+1,4
	середнє	1,55	+0,11	+7,6
55	Білоба	1,66	+0,19	+12,9
	Дакстон	1,50	+0,09	+6,4
	середнє	1,58	+0,14	+9,7
60 (контроль)	Білоба	1,49	—	—
	Дакстон	1,36	—	—
	середнє	1,43	—	—
65	Білоба	1,43	-0,06	-4,0
	Дакстон	1,31	-0,05	-3,7
	середнє	1,37	-0,06	-4,2
Середнє	Білоба	1,56	0,07	4,7
	Дакстон	1,39	0,03	2,2
	середнє	1,48	0,05	3,5

Зменшення густоти до 35 тис. рослин/га призводило до певного зниження виходу олії – до 1,38 т/га (-3,5 % до контролю), незважаючи на те, що індивідуальні рослини формували більші кошики. Такий ефект пов'язаний з недоцільним використанням площі живлення та зниженням щільності

фотосинтетичного покриву, через що сумарна продуктивність посіву зменшувалася. Поступове збільшення густоти до 40–55 тис. рослин/га забезпечувало покращення інтегральних показників. Найвищі значення виходу олії спостерігалися саме у цьому діапазоні, де середній показник становив 1,55–1,67 т/га, що на 9–14 % перевищувало контроль. Для гібриду Білоба найкращий результат відзначено за густоти 50 тис. рослин/га (1,67 т/га), тоді як для Дакстон – за 55 тис. рослин/га (1,50 т/га). Це свідчило про вищу адаптивну густотну пластичність гібриду Дакстон, який зберігав стабільну олійність за ширшого діапазону густот, тоді як Білоба більш чутливо реагувала на ущільнення посіву, зменшуючи масу 1000 насінин у густіших варіантах. Підвищення густоти понад 60 тис. рослин/га викликало зворотний ефект – вихід олії зменшувався до 1,37 т/га (-4,2 %), що зумовлено посиленням міжрослинної конкуренції за вологу, світло та елементи живлення. У таких варіантах частина рослин формувала дрібніше насіння з нижчим вмістом олії, що знижувало показники якості врожаю. Отримані дані дозволяють стверджувати, що оптимальний баланс між кількістю рослин і їхньою індивідуальною продуктивністю досягався за густоти 45–55 тис. рослин/га, що забезпечувало найвищий вихід олії – 1,58–1,67 т/га, з одночасним збереженням високого вмісту олії (46–48 %). Середній вміст олії в насінні за роки досліджень коливався від 45,0 % до 48,3 %, що відповідало типовим значенням для сучасних високоолійних гібридів соняшнику (див. табл. 4.4).

Таким чином встановлено, що вплив гібридного фактора (А) був істотним і стабільним упродовж усіх років досліджень. Так, гібрид Дакстон відзначався вищим вмістом олії в насінні (у середньому 46,3–48,3 %) порівняно з Білобою (46,0–47,0 %), що підтверджує його генетичну здатність до інтенсивного накопичення олії в насінні. Різниця між гібридами у середньому становила 1,5–2,0 % і перевищувала поріг достовірності HP_{05} . Саме в цьому інтервалі густоти формувалася найбільш ефективна структура посіву: рівномірний розподіл рослин, збалансоване освітлення листків, оптимальний мікроклімат кошика та стійкість до вилягання.

Отже, в умовах Степу України найкращий діапазон густоти для вирощування соняшнику становив 45–55 тис. рослин/га, з урахуванням біологічних особливостей гібридів. Для Білоби, як гібрида з більшими кошиками та середнім вмістом олії, було доцільно підтримувати густоту ближче до 50 тис./га, тоді як для Дакстон, який має більш інтенсивний тип росту та дрібніше насіння, оптимальним був рівень 55 тис./га. Така густота дозволяла досягти максимальної реалізації генетичного потенціалу гібридів і стабільного виходу олії в посушливих умовах регіону.

4.3. Вплив доз страхових гербіцидів на якість насіння

У наукових дослідженнях відзначається, що реакція соняшнику на післясходові гербіциди значною мірою залежить від їхньої хімічної природи, дози, фази внесення, а також від генотипних особливостей культури та погодних умов року. За оптимальних доз гербіцид може опосередковано покращувати якість насіння через зниження конкурентного тиску бур'янів і підвищення ефективності використання вологи та поживних елементів. Водночас перевищення меж селективності або застосування гербіциду в стресових умовах може порушувати фотосинтетичну активність, асиміляційні процеси та біосинтез жирних кислот, що проявляється у зниженні олійності [151].

Застосування гербіциду Геліантекс у дозах внесення понад 0,045 л/га призводило до достовірного зниження вмісту олії у насінні, тоді як гербіцид Пульсар Флекс у межах 1,6–3,2 л/га забезпечував високий рівень стабільності цього показника. Це дозволяє рекомендувати використання системи Clearfield® Plus із гербіцидом Пульсар Флекс як найбільш безпечної для збереження параметрів якості насіння в умовах Степу України. На контролі, де не застосовували післясходові гербіциди, показник вмісту олії становив 49,3–50,8 %, що відображало природну генетичну схильність гібридів Неома та Білоба до високого рівня олійності. При цьому Білоба мала стабільно вищі значення, ніж Неома, у середньому на 1,5 %, що узгоджувалося з її морфо-біологічними

характеристиками як високоолійного гібриду. Внесення гербіциду Геліантекс у нормі 0,045 л/га призвело до незначного зниження вмісту олії – у середньому на 1,5 % відносно контролю, що не перевищувало межі істотності ($HP_{05} = 0,64$ для фактора А) (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Вміст олії у гібридів соняшника залежно від норм страхових
гербіцидів, %, 2022–2024 рр.**

Гербіцид (С)	Гібрид (В)	Вміст олії за роками, % (А)				± до контролю %
		2022	2023	2024	середнє	
Контроль	Неома	50,3	49,2	48,4	49,3	–
	Білоба	52,1	50,3	50,1	50,8	–
	середнє	51,2	49,8	49,3	50,1	–
Геліантекс 0,045 л/га	Неома	49,1	49,0	48,2	48,8	-1,08
	Білоба	50,4	50,1	49,2	49,9	-1,84
	середнє	49,8	49,6	48,7	49,3	-1,46
Геліантекс 0,065 л/га	Неома	47,2	46,1	45,2	46,2	-6,36
	Білоба	49,3	49,2	49,1	49,2	-3,21
	середнє	48,3	47,7	47,2	47,7	-4,76
Геліантекс 0,090 л/га	Неома	45,3	45,1	43,4	44,6	-9,53
	Білоба	49,2	49,1	49,0	49,1	-3,41
	середнє	47,3	47,1	46,2	46,9	-6,42
Пульсар Флекс 1,6 л/га	Неома	50,1	49,2	48,1	49,1	-0,34
	Білоба	51,2	49,1	49,0	49,8	-2,10
	середнє	50,7	49,2	48,6	49,5	-1,23
Пульсар Флекс 2,4 л/га	Неома	49,1	49,0	48,1	48,7	-1,15
	Білоба	48,1	48,0	46,3	47,5	-6,62
	середнє	48,6	48,5	47,2	48,1	-3,93
Пульсар Флекс 3,2 л/га	Неома	47,1	48,1	46,3	47,2	-4,33
	Білоба	49,2	49,1	46,2	48,2	-5,25
	середнє	48,2	48,6	46,3	47,7	-4,79
HP_{05}	А – 0,85; В – 0,52; С – 0,64; АВ – 0,71; АС – 0,92; ВС – 0,88; АВС – 1,03					

Проте зі збільшенням норми внесення до 0,065 л/га зниження було вже більш помітним – у межах -4,8 %, а за максимальної дози 0,09 л/га – до -6,4 %, що підтверджує чутливість рослин до підвищених концентрацій діючої речовини. У цьому варіанті особливо відчутне зменшення відмічалось у гібрида Неома, де вміст олії знизився до 44,6 %, тоді як у Білоба цей показник залишався вищим – 49,1 %. Гербіцид Пульсар Флекс, навпаки, виявив високу селективність щодо обох гібридів. За норми 1,6 л/га середній вміст олії знизився лише на 1,2 %, що було в межах статистичної похибки. Навіть за збільшення дози до 2,4–3,2 л/га втрати олійності були незначними – 3–5 % – без істотних коливань за роками. Це свідчило, що гербіцид Пульсар Флекс був більш безпечним для соняшника типу Clearfield® і не чинив вираженого фітотоксичного впливу на метаболізм жирних кислот у насінні.

Загальна тенденція зберігалася протягом усіх трьох років досліджень: 2022 р. характеризувався найвищими показниками вмісту олії (середнє 49,5 %), тоді як у 2024 р. спостерігалось зниження на 1,5–2,0 %, що зумовлено підвищеною температурою та дефіцитом вологи у фазі наливу насіння. Дисперсійний аналіз показав, що достовірний вплив на вміст олії мали доза внесення гербіциду (С) та рік досліджень (А), тоді як гібрид (В) і взаємодія СВ були менш істотними ($HP_{05} = 0,64; 0,52; 0,85; 0,71$ відповідно). Найбільш чутливим до підвищення гербіцидного навантаження виявився гібрид Неома, у якого зменшення олійності було статистично достовірним при застосуванні норм Геліантексу понад 0,065 л/га (див. табл. 4.5).

Рівень збереження виходу олії визначався співвідношенням двох протилежних процесів: ефективністю контролю бур'янів і ступенем гербіцидного стресу. Оптимальні показники досягалися у разі, коли гербіцид знищував конкурентні види бур'янів, але не порушував фізіологічні функції культурних рослин. Для Геліантексу така межа безпечності проходила на рівні 0,045 л/га, тоді як для Пульсар Флекс – у межах 1,6–2,4 л/га. Перевищення цих доз призводило до пригнічення росту, зменшення виповненості кошиків і, як наслідок, до істотного зниження виходу олії.

Особливого значення ця проблема набуває в умовах східного Степу України, де поєднання високих температур і дефіциту вологи у другій половині вегетації посилює чутливість соняшнику до будь-яких додаткових стресових впливів. За таких умов навіть селективні гербіциди можуть опосередковано впливати на накопичення олії через скорочення активної листової поверхні, прискорення старіння асиміляційних органів або порушення метаболічних процесів у період наливу насіння.

Саме тому оцінка впливу різних норм застосування гербіцидів на вихід олії дозволяє не лише порівняти їх ефективність як засобів захисту посівів, а й визначити межі їхньої фізіологічної безпечності для культури.

Встановлено, що на контролі (без хімічного втручання) середній вміст олії становив 50,1 %, а середній вихід олії – 1,77 т/га, що відповідало врожайності 3,54 т/га. Такі показники характеризували оптимальне поєднання продуктивності та якості, оскільки відсутність гербіцидного стресу сприяла рівномірному наливу насіння і повній реалізації потенціалу гібридів. Застосування гербіциду Геліантекс навіть у мінімальній нормі 0,045 л/га викликало помітне зниження виходу олії до 1,46 т/га, тобто на 17,5 % менше від контролю, попри відносно невелике зниження врожайності.

Подальше підвищення дози гербіциду супроводжувалося прогресивним зниженням показників – до 1,32 т/га при 0,065 л/га (-25,3 %) та 1,14 т/га при 0,09 л/га (-35,7 %). Таке зниження пов'язане з проявами фітотоксичності у фазі 6–10 листків, що впливало на площу листової поверхні, інтенсивність фотосинтезу і, зрештою, на процеси синтезу та нагромадження олії у сім'янках. Особливо виражене пригнічення відзначалося у гібриду Білоба, вихід олії якого при максимальній нормі внесення зменшився до 1,03 т/га (-39,8 %). Це підтверджувало чутливість даного генотипу до дії діючої речовини Геліантексу – галауоксифен-метилу у стресових умовах посухи, характерних для східного регіону України (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Вихід олії у гібридів соняшника залежно від норм страхових
гербіцидів, т/га, 2022–2024 рр.**

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Вихід олії, т/га	± до контролю, %
Контроль	Неома	1,83	—
	Білоба	1,71	—
	середнє	1,77	—
Геліантекс 0,045 л/га	Неома	1,56	-14,8
	Білоба	1,36	-20,5
	середнє	1,46	-17,5
Геліантекс 0,065 л/га	Неома	1,40	-23,5
	Білоба	1,24	-27,5
	середнє	1,32	-25,3
Геліантекс 0,090 л/га	Неома	1,25	-31,7
	Білоба	1,03	-39,8
	середнє	1,14	-35,7
Пульсар Флекс 1,6 л/га	Неома	1,73	-5,5
	Білоба	1,76	2,9
	середнє	1,75	-1,1
Пульсар Флекс 2,4 л/га	Неома	1,69	-7,7
	Білоба	1,51	-11,7
	середнє	1,60	-9,7
Пульсар Флекс 3,2 л/га	Неома	1,48	-19,1
	Білоба	1,59	-7
	середнє	1,54	-13
НІР ₀₅	А – 0,11; В – 0,10; С – 0,15; АВ – 0,18; АС – 0,21; ВС – 0,20; АВС – 0,46		

Іншу картину спостерігали при використанні гербіциду Пульсар Флекс. За дози 1,6 л/га вихід олії практично не відрізнявся від контролю (у середньому 1,75 т/га, або –1,1 %), а у гібрида Білоба навіть зафіксовано невелике зростання (+2,9 %), що пов'язано з ефективним контролем бур'янів і покращенням умов використання вологи під час наливу насіння. При збільшенні норми до 2,4 л/га вихід олії знижувався незначно – до 1,60 т/га (-9,7 %), тоді як подальше підвищення до 3,2 л/га призводило до більш суттєвих втрат (у середньому 1,54 т/га, -13 %). Проте навіть за максимальної дози Пульсар Флекс виявляв

помітно меншу фітотоксичність, ніж Геліантекс, що свідчило про вищу селективність діючої речовини імазамокс стосовно культури (див. табл. 4.6).

4.4. Вплив позакореневого внесення бору на якість насіння

У трирічних дослідах із позакореневим внесенням бору за участю гібридів Білоба і Сувекс встановлено виразну дозо- та фазозалежність впливу мікроелемента на олійність насіння, модифіковану генотипом і гідротермічними умовами років. На контролі без застосування добрива середній вміст олії становив 49,7 %, причому гібрид Білоба характеризувався вищим рівнем (51,3 %) порівняно із Сувексом (48,0 %). Міжрічна динаміка свідчила про суттєве зниження олійності у посушливому 2024 р. (44,5 % у середньому проти 53,0 % у 2022 р. і 51,5 % у 2023 р.), що зумовило значну варіабельність за фактором D ($HP_{05}(D) = 2,0$) (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Вміст олії у гібридах соняшнику залежно від внесення борного добрива Спектрум Борон 150, %, 2022–2024 рр.

Норма внесення, л/га (D)	Фаза норми внесення (B)	Гібрид (C)	Вміст олії за роками, % (A)				± до контролю
			2022	2023	2024	середнє	%
Контроль	—	Білоба	57,0	52,0	45,0	51,3	—
		Сувекс	49,0	51,0	44,0	48,0	—
		середнє	53,0	51,5	44,5	49,7	—
1,5	V8–V10	Білоба	57,0	51,0	45,0	51,0	-0,6
		Сувекс	49,0	52,0	43,0	48,0	0,0
		середнє	53,0	51,5	44,0	49,5	-0,3
1,5	R1–R2	Білоба	55,0	52,0	44,0	50,3	-1,9
		Сувекс	49,0	51,0	43,0	47,7	-0,7
		середнє	52,0	51,5	43,5	49,0	-1,3
	V8-V10 (0,5 л/га) + R1-R2 (1,0 л/га)	Білоба	50,0	49,0	43,0	47,3	-7,8
		Сувекс	49,0	50,0	44,0	47,7	-0,7
		середнє	49,5	49,5	43,5	47,5	-4,4

Продовження таблиці 4.7

Норма внесення, л/га (D)	Фаза норми внесення (B)	Гібрид (C)	Вміст олії за роками, % (A)				± до контролю
			2022	2023	2024	середнє	
3,0	V8–V10	Білоба	50,0	49,0	42,0	47,0	-8,4
		Сувекс	49,0	48,0	41,0	46,0	-4,2
		середнє	49,5	48,5	41,5	46,5	-6,4
	R1–R2	Білоба	50,0	49,0	42,0	47,0	-8,4
		Сувекс	49,0	49,0	43,0	47,0	-2,1
		середнє	49,5	49,0	42,5	47,0	-5,4
	V8-V10 (0,5 л/га) + R1-R2 (1,0 л/га)	Білоба	48,0	49,0	42,0	46,3	-9,7
		Сувекс	49,0	48,0	43,0	46,7	-2,8
		середнє	48,5	48,5	42,5	46,5	-6,4
Середнє	V8–V10	Білоба	53,5	50,0	43,5	49,0	-2,7
		Сувекс	49,0	50,0	42,0	47,0	-5,4
		середнє	51,3	50,0	42,8	48,0	-3,4
	R1–R2	Білоба	52,5	50,5	43,0	48,7	-2,0
		Сувекс	49,0	50,0	43,0	47,3	-4,8
		середнє	50,8	50,3	43,0	48,0	-3,4
	V8-V10 (0,75 л/га) + R1-R2 (1,25л/га)	Білоба	49,0	49,0	42,5	46,8	-8,0
		Сувекс	49,0	49,0	43,5	47,2	-5,0
		середнє	49,0	49,0	43,0	47,0	-5,4
НІР ₀₅	A – 2,2; B – 3,1 ; C – 1,9; D – 2,0; AB – 6,3 ; AC – 2,2 ; AD – 4,4; BC – 2,6; BD – 3,0; CD – 2,4, ABC – 3,5; ABCD – 5,2						

Такі відхилення статистично недостовірні, що свідчить про безпечність помірного разового внесення бору на ранніх етапах органогенезу. Зміщення фази внесення бору до періоду R1–R2, який збігався з початком цвітіння, супроводжувалося більш помітним зниженням олійності, особливо у гібрида Білоба. Хоча абсолютні відхилення у середньому становили 1,3–1,9 %, у посушливому 2024 р. вони набували більшої виразності, що вказувало на підвищену чутливість репродуктивних процесів до поєднаного впливу борного навантаження і гідротермічного стресу. За таких умов додаткове позакореневе внесення бору могло посилювати осмотичне та метаболічне навантаження на рослини, що негативно відображалось на процесах синтезу та накопичення олії в насінні.

Генотипова реакція на позакореневе внесення бору проявлялася досить чітко. Водночас взаємодії $D \times C$ ($HP_{05}(AC) = 2,2 \%$) і $A \times D$ ($HP_{05}(AD) = 4,4 \%$) свідчили, що сила негативного ефекту залежала і від погодних умов року: у найпосушливішому 2024 р. падіння олійності було максимальним для обох гібридів (рис. 4.1).

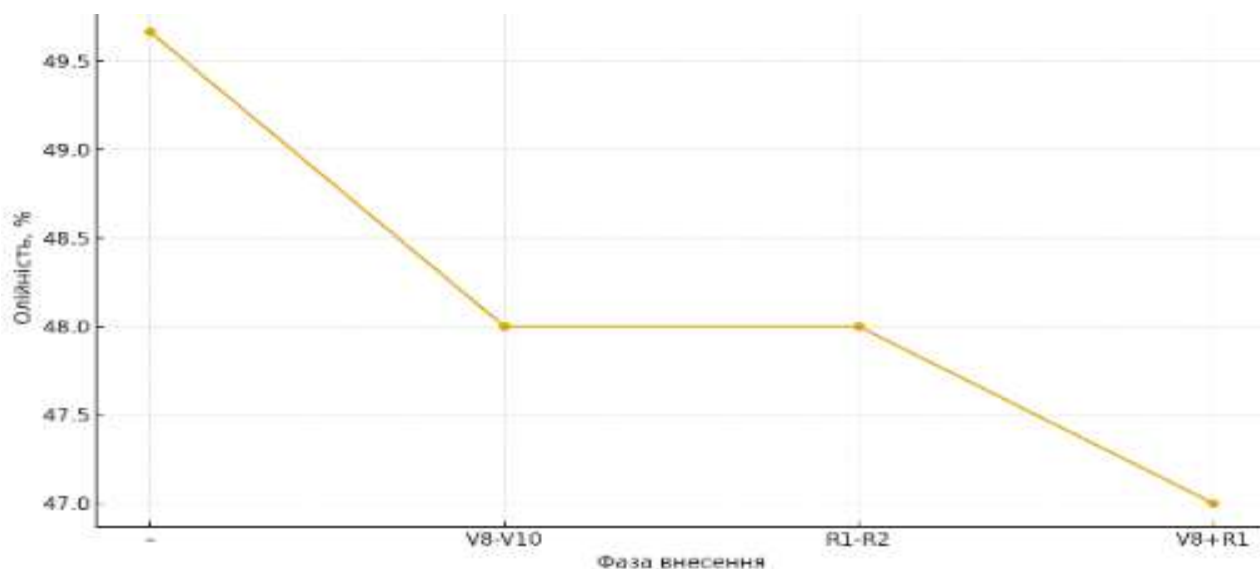


Рис. 4.1. Залежність олійності соняшнику від внесення водорозчинного бору в окрему фенологічну фазу

Гібрид Білоба мав стабільно вищу абсолютну олійність на контролі, але водночас виявляв більшу чутливість до обробок бором: від незначного зниження за 1,5 л/га у фазі V8–V10 (51,0 %, -0,6 %) до значного падіння за поділених або високих норм (46,3–47,0 %, -8,4–9,7 %).

Гібрид Сувекс виявив вищу виживаність у помірних дозах (1,5 л/га V8–V10: 48,0 %, 0 %; 1,5 л/га R1–R2: 47,7 %, -0,7 %), але за високих норм також спостерігалось зниження (3,0 л/га V8–V10: 46,0 %, -4,2 %; V8+R1: 46,7 %, -2,8%). Це узгоджувалося з $HP_{05}(C) = 1,9 \%$ і відображало достовірні відмінності між генотипами за чутливістю до надлишку бору.

За помірної норми внесення 1,5 л/га реакція культури істотно залежала від терміну обробки. Внесення у фазі V8–V10 практично не змінювало середній

вміст олії відносно контролю (49,5 %; -0,3 %), а у гібрида Сувекс показник залишався на рівні контролю (48,0 %, 0 %). За $НІР_{05}$ для норми ($D = 2,21$) і фази ($B = 3,1$) така різниця була статистично незначущою (рис.4.2).

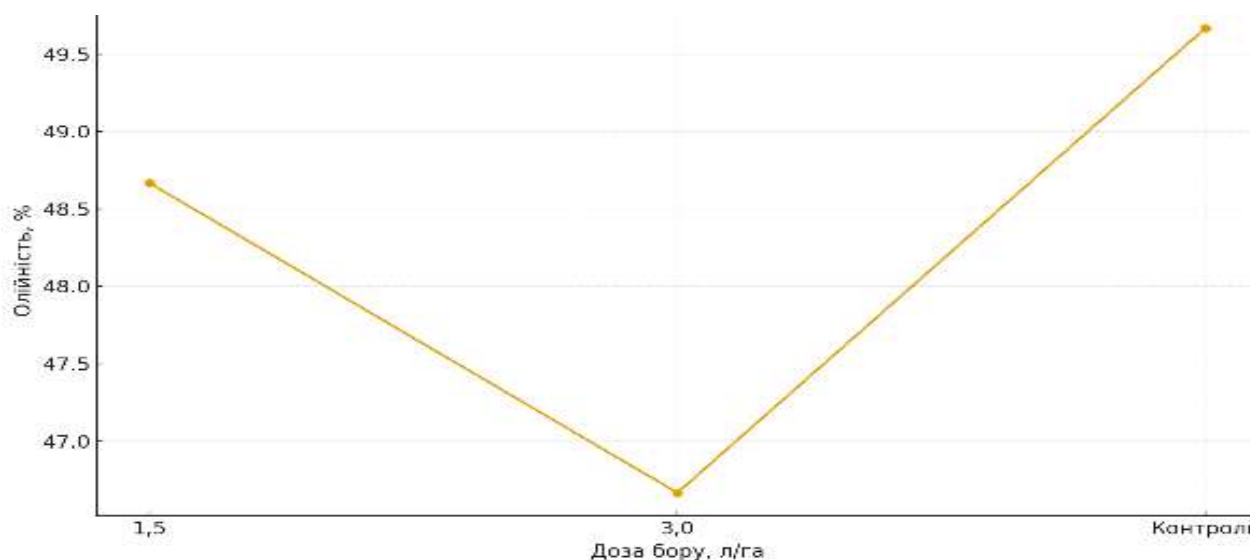


Рис. 4.2. Залежність олійності соняшнику від норми внесення водорозчинного бору

Перенесення обробки на фазу R1–R2 супроводжувалося помітним зменшенням показника (49,0 %; -1,3 %), що перебувало на межі чутливості дослідів для фактора D і нижче порогу для B, але вказувало на тенденцію до зниження олійності за пізнішого внесення. Найнижчі результати були відзначені у варіанті розділеного внесення 1,5 л/га (V8+R1), де середній вміст олії становив 47,5 % (-4,4 %), а у Білобі спостерігалася істотне падіння (-7,8 %) порівняно із Сувексом (-0,7 %). З огляду на $НІР_{05}(BD) = 6,3$ %, можна зробити висновок, що взаємодія норми та фази внесення мала істотний вплив: навіть помірна норма за поділу на два внесення знижувала олійність сильніше, ніж одноразова обробка.

Підвищення норми до 3,0 л/га призводило до чіткого зменшення олійності незалежно від фази внесення. За одноразового внесення у фазі V8–V10 середній вміст олії знижувався до 46,5 % (-6,4 %), а у фазі R1–R2 – до 47,0 % (-5,4 %). Обидва зниження перевищували $НІР_{05}(D)$ та $НІР_{05}(A)$, що свідчило про достовірність ефекту надмірного внесення бору. Розділене внесення тієї ж норми

(V8 1,25 л/га + R1 1,75 л/га) також забезпечувало найнижчий рівень олійності – 46,5 % (-6,4 %). Фактор D (норма) був одним із провідних у формуванні показників якості насіння: перевищення 1,5 л/га стабільно зменшувало частку олії, а пізні або комбіновані обробки ще більше підсилювали негативний ефект (див. рис.4.2).

Вихід олії з одиниці площі був одним із головних узагальнених показників, який комплексно відображав як урожайність, так і якість насіння, характеризуючи ефективність фотосинтетичної діяльності, процеси запилення та наливу сім'янок. Проведеними дослідженнями встановлено, що позакореневе внесення водорозчинного бору істотно впливало на формування виходу олії залежно від норми внесення, фази обробки та генетичних особливостей гібридів.

На контролі без застосування бору середній вихід олії за три роки становив 2,14 т/га, при цьому у гібрида Білоба фіксували найвищі показники – 2,24 т/га, тоді як Сувекс формував 2,03 т/га. Така різниця визначалася вищим базовим рівнем олійності у Білоби (51,3 %) і певною генетичною стабільністю показника в умовах різного зволоження. Мінливість за роками (2022–2024 рр.) була суттєвою: у посушливому 2024 р. вихід олії зменшувався в середньому на 0,4-0,5 т/га, що свідчило про вплив погодних умов на реалізацію потенціалу культури навіть за збалансованого живлення.

Внесення 1,5 л/га водорозчинного бору у фазі V8–V10 зумовлювало незначне зниження виходу олії – у середньому до 2,02 т/га (-5,4 % до контролю). У гібрида Білоба цей показник знижувався до 2,05 т/га (-8,5 %), тоді як Сувекс реагував слабше – 1,99 т/га (-2,0 %).

Це свідчило про те, що помірна норма внесення бору у ранні фази вегетації не мала істотного негативного впливу на процеси синтезу та відкладання олії у насінні, що підтверджувало оптимальність такого варіанту для виробничих умов. Поєднання незначного зниження виходу олії з відсутністю різкого падіння олійності свідчило, що за даного варіанту обробки обмежувальним чинником була не інтенсивність ліпідного синтезу, а загальний рівень асиміляційної продуктивності посівів (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

**Вихід олії у гібридів соняшнику залежно від різних доз борного
добрива Спектрум Борон 150, т/га, 2022–2024 рр.**

Норма внесення, л/га (А)	Фаза норми внесення (В)	Гібрид (С)	Вихід олії, т/га	± до контролю, т/га	± до контролю, %
Контроль	—	Білоба	2,24	—	—
		Сувекс	2,03	—	—
		Середнє	2,14	—	—
1,5	V8–V10	Білоба	2,05	-0,19	-8,5
		Сувекс	1,99	-0,04	-2,0
		Середнє	2,02	-0,12	-5,4
	R1–R2	Білоба	2,18	-0,06	-2,7
		Сувекс	1,90	-0,13	-6,4
		Середнє	2,04	-0,10	-4,6
	V8-V10 (0,5 л/га) + R1-R2 (1,0 л/га)	Білоба	1,85	-0,39	-17,4
		Сувекс	1,92	-0,11	-5,4
		Середнє	1,89	-0,25	-11,4
3,0	V8–V10	Білоба	1,78	-0,46	-20,5
		Сувекс	1,85	-0,18	-8,9
		Середнє	1,81	-0,32	-14,8
	R1–R2	Білоба	1,74	-0,50	-22,3
		Сувекс	1,91	-0,12	-5,9
		Середнє	1,83	-0,31	-14,1
	V8-V10 (0,5 л/га) + R1-R2 (1,0 л/га)	Білоба	1,68	-0,56	-25,0
		Сувекс	1,65	-0,38	-18,7
		Середнє	1,67	-0,47	-21,9
Середнє	V8–V10	Білоба	1,92	-0,32	-14,3
		Сувекс	1,92	-0,11	-5,4
		Середнє	1,92	-0,22	-10,3
	R1–R2	Білоба	1,96	-0,28	-12,5
		Сувекс	1,91	-0,12	-5,9
		Середнє	1,94	-0,20	-9,3
	V8-V10 (0,5 л/га) + R1-R2 (1,0 л/га)	Білоба	1,77	-0,47	-21,0
		Сувекс	1,79	-0,24	-11,8
		Середнє	1,78	-0,36	-16,8
НІР ₀₅	А – 0,12; В – 0,15; С – 0,10; АВ – 0,18; АС – 0,16; ВС – 0,17; ABC – 0,22				

Це свідчило про те, що помірна норма внесення бору у ранні фази вегетації не мала істотного негативного впливу на процеси синтезу та відкладання олії у насінні, що підтверджувало оптимальність такого варіанту для виробничих умов. Поєднання незначного зниження виходу олії з відсутністю різкого падіння олійності свідчило, що за даного варіанту обробки обмежувальним чинником була не інтенсивність ліпідного синтезу, а загальний рівень асиміляційної продуктивності посівів.

За тієї ж норми (1,5 л/га), але пізнішого внесення у фазі R1–R2, середній вихід олії становив 2,04 т/га (-4,6 % до контролю). Незважаючи на близькі абсолютні значення, спостерігалася тенденція до меншої ефективності пізнього внесення, особливо у посушливі роки. Це пояснювалося тим, що у фазі початку цвітіння (R1–R2) інтенсивність транспорту бору до генеративних органів знижувалася через слабший ксилемний потік, що обмежувало участь елемента у процесах ліпідного обміну в насінні.

Комбіноване внесення (0,5 л/га у V8–V10 + 1,0 л/га у R1–R2) було менш ефективним: середній вихід олії зменшувався до 1,89 т/га, або -11,4 % до контролю. У гібрида Білоба зниження становило 17,4 %, тоді як Сувекс втратив лише близько 5–6 %. Ймовірно, така реакція зумовлювалася перевищенням критичного рівня бору у рослинних тканинах, що призводило до порушення асиміляційних процесів і дисбалансу поживних елементів, зокрема співвідношення Ca/B, яке є важливим для стабільного розвитку генеративних органів і накопичення олії.

Підвищення норми внесення до 3,0 л/га призводило до чіткої тенденції зменшення виходу олії незалежно від фази обробки. За одноразового внесення у фазі V8–V10 середній показник становив 1,81 т/га (-14,8 % до контролю), а за норми внесення у фазі R1–R2 – 1,83 т/га (-14,1 %). У гібрида Білоба зниження було більш істотним (до -22 %), що перевищувало межу достовірності ($HP_{05}(A) = 2,21$; $AD = 4,4$), тоді як Сувекс виявляв помірну реакцію (-6-9 %). Це свідчило про генотипову відмінність у стійкості до надлишку бору.

Розділене внесення підвищеної норми (1,25 л/га + 1,75 л/га) – було найменш ефективним: середній вихід олії зменшувався до 1,67 т/га, або -21,9 % до контролю. Надлишок бору, ймовірно, перевищував фізіологічно оптимальні межі, що зумовлювало часткову фітотоксичність і пригнічення процесів наливу насіння. Надмірне нагромадження елемента могло впливати на проникність клітинних мембран, викликаючи дисбаланс у транспорті вуглеводів і жирних кислот у період формування сім'янок.

Загалом встановлено, що ефективність позакореневого внесення бору мала виражену нелінійну залежність: за оптимальної дози (1,5 л/га) у фазі V8–V10 спостерігалось стабільне збереження рівня олійності та виходу олії на рівні контролю (-0,3 %), тоді як подальше підвищення норми або комбіновані внесення призводили до істотного зниження цих показників.

За результатами досліджень визначено, що оптимальним варіантом позакореневого підживлення водорозчинним бором було внесення 1,5 л/га у фазі V8–V10, яке забезпечувало високий вихід олії (понад 2,0 т/га) і не знижувало якості насіння. Подальше збільшення норми до 3,0 л/га або розділене внесення спричиняло статистично достовірне зниження продуктивності, особливо у гібрида Білоба. Сувекс виявився більш стабільним, що свідчило про його вищу виживаність при підвищеному вмісті бору (див. табл. 4.8).

Висновки до розділу 4

1. Встановлено негативний вплив гербіцидів на показники якості насіння соняшнику, які залежали як від діючої речовини так і від дози та способу їхнього внесення. Застосування ґрунтових гербіцидів (Примекстра ТЗ Голд + Яструб, Екліпс + Філдер) зумовлювало помірне зниження вмісту олії на 1,1–2,3 % та виходу олії на 9–12 % порівняно з контролем (без гербіцидів), що було пов'язано з частковим пригніченням ростових процесів у ранні фази розвитку рослин. Після страхових гербіцидів зниження якості насіння проявлялося сильніше ніж від ґрунтових, при цьому найбільшим воно було за внесення гербіциду Геліантекс, де вміст олії зменшувався на 5,0 %, а вихід олії – на 33,8 % порівняно

з контролем. Застосування гербіцидів із більш м'якою селективною дією (Пульсар Флекс) забезпечувало більш стабільні показники, зберігаючи вміст олії на рівні 49–52 % та мінімізуючи втрати виходу олії. Серед досліджуваних гібридів Сувекс проявив вищу толерантність до гербіцидів, зберігаючи більш стабільні показники якості насіння ніж гібрид Білоба.

2. Встановлено істотний вплив густоти рослин на якість насіння соняшнику: максимальна олійність формувалася за 50–55 тис. рослин/га (+1,5–2,3% до контролю), а вихід олії становив 1,58–1,67 т/га (+9–14%). Зниження густоти <40 тис./га або підвищення >60–65 тис./га зменшувало олійність і вихід на 3–5%. Гібрид Дакстон перевищував Білобу за вмістом олії на 1,5–2,0%. У посушливому 2024 р. олійність знижувалася до <45% проти ~49% у 2022 р., що підтвердило визначальний вплив погодних умов. Оптимальною для умов Степу була густина 45–55 тис. рослин/га (Білоба – 50, Дакстон – 55 тис./га).

3. Встановлено зниження якості насіння соняшника залежно від норми страхових гербіцидів: за внесення Геліантексу 0,045–0,090 л/га вміст олії зменшувався з 50,1 до 49,3–46,9% (-1,5–6,4%), а вихід олії – з 1,77 т/га до 1,46–1,14 т/га (-17,5–35,7%). Найбільше погіршення спостерігалось за максимальної норми: у Неоми олійність знижувалася до 44,6% (-9,53%), у Білоби вихід олії – до 1,03 т/га (-39,8%).

4. Встановлено, що гербіцид Пульсар Флекс мав значно м'якший вплив на якість насіння порівняно з Геліантексом: за норми 1,6 л/га вміст олії становив 49,5% (-1,23%), а вихід – 1,75 т/га (-1,1%), при цьому у Білоби підвищувався до 1,76 т/га (+2,9%). Підвищення норми до 2,4–3,2 л/га знижувало олійність до 48,1–47,7% (-3,93–4,79%) і вихід до 1,60–1,54 т/га (-9,7–13,0%). Навіть за максимальної норми зниження було меншим, ніж за дії Геліантексу вже при 0,065 л/га.

5. Встановлено генотипову специфічність реакції гібридів соняшника на гербіциди: Білоба мала вищу олійність на контролі (50,8% проти 49,3% у Неоми), але сильніше втрачала вихід олії за Геліантексу 0,090 л/га (-39,8% проти -31,7%). За внесення Пульсар Флекс 1,6 л/га Білоба зберігала або підвищувала показники,

тоді як у Неоми вихід олії знижувався на 5,5–19,1%. Найбільшу чутливість за вмістом олії до Геліантексу проявила Неома (з 48,8 до 44,6%).

6. Встановлено, що найвищі показники якості насіння формувалися без гербіцидного стресу, а серед страхових гербіцидів найменші відхилення забезпечував Пульсар Флекс 1,6 л/га (-1,23% олії; -1,1% виходу). Найбільший негативний вплив мав Геліантекс 0,090 л/га (-6,42% олії; -35,7% виходу). Отже, ступінь зниження якості визначався складом гербіциду та нормою його внесення.

7. Встановлено, що позакореневе внесення бору впливало на якість насіння залежно від норми та фази: оптимум відмічено за 1,5 л/га у фазі V8–V10, де вихід олії перевищував 2,0 т/га і відповідав контролю (2,14 т/га; 49,7% олії). Пізніше внесення (R1–R2) знижувало ефективність на 4–6%, а дробне внесення – на 11%. Підвищення норми до 3,0 л/га призводило до зниження показників на 15–22%. Гібрид Білоба був більш чутливим до надлишку бору, тоді як Сувекс – стабільнішим.

8. Встановлено, що дія бору мала дозо- і фазозалежний характер: оптимальною була норма 1,5 л/га у фазі V8–V10, за якої вихід олії становив понад 2,0 т/га при олійності 49,7% (на рівні контролю 2,14 т/га). Підвищення норми до 3,0 л/га знижувало вміст олії та її вихід на 15–22%, а дробне внесення – на 11%. Надлишок бору пригнічував налив насіння, що проявлялося у зниженні виповненості кошика до 5,0 бала (-40%) та маси 1000 насінин до 45,7 г (-10,5–16,5%). Отже, перевищення оптимальної норми бору призводило до істотного зниження продуктивності та якості насіння.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ

5.1. Економічна ефективність технологій

Підсумовуючи отримані результати щодо впливу агротехнічних чинників на ріст, розвиток і продуктивність соняшнику, важливим є перехід до їхньої економічної оцінки, яка відображає реальну доцільність упровадження досліджуваних технологічних прийомів у виробничу практику. Економічна ефективність у сучасному аграрному виробництві виступає узагальнюючим показником, що поєднує врожайність, рівень затрат і стабільність прибутку [149].

В умовах зростання вартості енергоресурсів, добрив і пестицидів господарства все більше орієнтуються на ресурсозберігаючі системи землеробства, у яких важливими є не лише агрономічний ефект, а й економічна рентабельність кожного елемента технології [150]. Зокрема, застосування гербіцидів у технології вирощування соняшнику дозволяє істотно знизити ручні витрати на прополювання, але одночасно підвищує загальні витрати виробництва, що вимагає ретельного аналізу співвідношення «витрати—результат» [151].

Крім того, сучасні дослідження свідчать, що деякі діючі речовини гербіцидів можуть опосередковано впливати на активність запилювачів, змінюючи привабливість квіток і, як наслідок, кількість повноцінно сформованого насіння [152]. Це створює необхідність врахування екологічної складової економічної ефективності, коли технологічне рішення оцінюється не лише за прибутком, а й за його впливом на екосистемні сервіси, насамперед запилення [153].

Враховуючи вищевикладене, у даному розділі метою дослідження було проведення розрахунку економічної ефективності вирощування гібридів соняшнику залежно від гербіцидних систем із використанням середніх ринкових цін за 2024 р. та оцінкою привабливості посівів для медоносних бджіл як інтегрального екологічного індикатора. Поставлена мета реалізувалася шляхом визначення валового доходу, чистого прибутку, рівня рентабельності та собівартості одиниці продукції при застосуванні різних схем хімічного контролю бур'янів на гібридах Білоба, Неома та Сувекс.

Аналіз даних економічної ефективності показав, що найвищий умовно чистий прибуток і рівень рентабельності у гібрида Білоба було отримано у варіанті контролю з механічною прополкою – 31,8 тис. грн/га за рентабельності 240 %. Усі варіанти із застосуванням гербіцидів характеризувалися зниженням економічних показників порівняно з контролем, що було зумовлено як зменшенням урожайності (на 0,46–1,31 т/га), так і підвищенням виробничих витрат за рахунок вартості препаратів, їх внесення та зростання витрат на транспортування і доробку врожаю.

Серед гербіцидних схем найбільш прийнятним за економічними показниками був варіант із застосуванням гербіциду Стелс, де умовно чистий прибуток становив 22,4 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 166 %. Дещо нижчі, але близькі за ефективністю результати були отримані у варіантах Примекстра ТЗ Голд + Яструб (24,4 тис. грн/га; 161 %) та Екліпс + Філдер (23,3 тис. грн/га; 158 %), що свідчило про відносно стабільну економічну доцільність їх застосування за умов дослідів. У варіантах із застосуванням гербіцидів Пульсар Флекс та Челенж умовно чистий прибуток становив відповідно 21,9–21,5 тис. грн/га за рентабельності 151–158 %, що було дещо нижче порівняно з іншими варіантами внаслідок поєднання вищих витрат і помірного зниження урожайності. Найнижчий економічний ефект було зафіксовано за використання гербіциду Геліантекс, який зумовив зниження урожайності до 2,45 т/га, умовно чистого прибутку – до 14,4 тис. грн/га та рівня рентабельності – до 96 %, що

свідчило про істотний негативний вплив даного варіанту на економічну ефективність вирощування соняшнику (табл. 5.1, Дод. В.1).

Таблиця 5.1

**Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Білоба
залежно від гербіцидної технології, 2022–2024 рр.**

Технологія	Урожай- ність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Собівар- тість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
Контроль	3,76	13 280	45 120	3 532	31 840	240
Примекстра + Яструб	3,30	15 200	39 600	4 606	24 400	161
Екліпс + Філдер	3,17	14 735	38 040	4 648	23 305	158
Пульсар Флекс	3,03	14 465	36 360	4 774	21 895	151
Стелс	2,99	13 495	35 880	4 514	22 385	166
Челендж	2,93	13 615	35 160	4 647	21 545	158
Геліантекс	2,45	14 975	29 400	6 112	14 425	96

Водночас, саме для гібриду Білоба застосування гербіцидів негативно впливало на індекс привабливості квіток для бджіл, який знижувався з 1,00 (контроль) до 0,80–0,90 у більшості варіантів, що в подальшому може відбиватися на формуванні врожаю наступних років у виробничих умовах.

Для гібриду Неома показники економічної ефективності також свідчили про перевагу контрольного варіанту над гербіцидними схемами. На контролі за урожайності 4,03 т/га було отримано найвищий умовно чистий прибуток – 32,16 тис. грн/га за рівня рентабельності 199 % і собівартості 4,02 тис. грн/т. Це підтвердило, що за відсутності гербіцидного навантаження забезпечувалося найбільш ефективне поєднання продуктивності та витрат.

Серед варіантів із застосуванням гербіцидів найбільш збалансовані показники було відмічено у варіанті Екліпс + Філдер. За урожайності 3,83 т/га цей варіант забезпечив дохід 45,96 тис. грн/га, умовно чистий прибуток 28,76

тис. грн/га та рентабельність 167 %. Незважаючи на дещо підвищену собівартість (4,49 тис. грн/т), цей варіант характеризувався найкращим співвідношенням між витратами і прибутком серед гербіцидних технологій (табл. 5.2, Дод. В.2).

Таблиця 5.2

Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Неома залежно від гербіцидної технології, 2022–2024 рр.

Технологія	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Собівартість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	4,03	16 200	48 360	4 019	32 160	199
Екліпс + Філдер	3,83	17 200	45 960	4 491	28 760	167
Примекстра + Яструб	3,66	17 400	43 920	4 754	26 520	152
Пульсар Флекс	3,39	16 800	40 680	4 956	23 880	142
Стелс	3,34	16 500	40 080	4 940	23 580	143
Челенж	3,24	16 400	38 880	5 062	22 480	137
Геліантекс	3,14	16 900	37 680	5 382	20 780	123

У варіанті Примекстра + Яструб за урожайності 3,66 т/га прибуток становив 26,52 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 152 %. Зростання витрат до 17,4 тис. грн/га та підвищення собівартості до 4,75 тис. грн/т обмежували економічну ефективність порівняно з попереднім варіантом. Подібна тенденція спостерігалася і у варіантах із застосуванням гербіцидів Стелс та Челенж. За урожайності 3,34 т/га і 3,24 т/га відповідно прибуток становив 23,58 тис. грн/га та 22,48 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 143 % і 137 %. При цьому собівартість продукції залишалася високою – 4,94–5,06 тис. грн/т, що свідчило про зниження економічної ефективності за рахунок менших обсягів продукції. Найменш економічно вигідним був варіант із застосуванням гербіциду Геліантекс. За найнижчої урожайності – 3,14 т/га витрати становили

16,9 тис. грн/га, що зумовило підвищення собівартості до 5,38 тис. грн/т. У результаті умовно чистий прибуток знизився до 20,78 тис. грн/га, а рівень рентабельності – до 123 %, що було найнижчим показником серед усіх досліджуваних варіантів. Застосування гербіциду Пульсар Флекс забезпечило урожайність 3,39 т/га і прибуток 23,88 тис. грн/га при рентабельності 142 %. Незважаючи на відносно помірний рівень витрат (16,8 тис. грн/га), зниження врожайності призводило до підвищення собівартості до 4,96 тис. грн/т, що негативно впливало на кінцевий економічний результат (див. табл. 5.2, Дод. В.2).

Економічна оцінка гібрида Сувекс виявила подібну тенденцію до попередньо досліджених гібридів. На контролі за урожайності 3,73 т/га було сформовано умовно чистий прибуток 28,52 тис. грн/га за рентабельності 176 % і собівартості 4,35 тис. грн/т. Це свідчило про високу економічну ефективність технології без застосування гербіцидів, де оптимально поєднувалися витрати і рівень продуктивності (табл. 5.3, Дод. В.3).

Таблиця 5.3

**Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Сувекс
залежно від гербіцидної технології, 2022–2024 рр.**

Технологія	Урожай- ність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Собівар- тість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
Контроль	3,73	16 238	44 760	4 353	28 522	176
Екліпс+ Філдєр	3,61	17 146	43 320	4 750	26 174	153
Стелс	3,45	16 487	41 400	4 778	24 913	151
Примекстра +Яструб	3,52	17 263	42 240	4 904	24 977	145
Челєнж	3,06	16 184	36 720	5 291	20 536	127
Геліантекс	2,87	16 563	34 440	5 772	17 877	108

Серед гербіцидних технологій найкращі економічні показники було отримано у варіанті Екліпс + Філдєр. За урожайності 3,61 т/га дохід становив

43,32 тис. грн/га, умовно чистий прибуток – 26,17 тис. грн/га, а рентабельність – 153 %. Незважаючи на підвищення витрат до 17,15 тис. грн/га і собівартості до 4,75 тис. грн/т, цей варіант забезпечував найбільш збалансоване співвідношення між витратами та економічною віддачею серед досліджуваних гербіцидних схем. У варіанті із застосуванням гербіциду Примекстра + Яструб за урожайності 3,52 т/га прибуток становив 24,98 тис. грн/га за рентабельності 145 %. Підвищення витрат до 17,26 тис. грн/га та зростання собівартості до 4,90 тис. грн/т обмежували рівень економічної ефективності порівняно з варіантом Екліпс + Філдер. Застосування гербіциду Стелс забезпечило урожайність 3,45 т/га та прибуток 24,91 тис. грн/га за рентабельності 151 %. При цьому витрати становили 16,49 тис. грн/га, а собівартість – 4,78 тис. грн/т, що свідчило про відносно стабільний, але нижчий рівень економічної віддачі. У варіанті з використанням гербіциду Челендж за урожайності 3,06 т/га прибуток знизився до 20,54 тис. грн/га, а рівень рентабельності – до 127 %. Це було пов'язано зі зменшенням доходу до 36,72 тис. грн/га та підвищенням собівартості до 5,29 тис. грн/т, що негативно впливало на загальну економічну ефективність. Найменш ефективним виявився варіант із застосуванням гербіциду Геліантекс. За найнижчої урожайності 2,87 т/га умовно чистий прибуток становив лише 17,88 тис. грн/га за рентабельності 108 %. Витрати на рівні 16,56 тис. грн/га за умов зниженої врожайності призводили до різкого зростання собівартості до 5,77 тис. грн/т, що істотно знижувало економічну доцільність використання даного препарату (див. табл. 5.3, Дод. В.3).

Надмірне загущення посівів до 65 тис. рослин/га негативно впливало на економічні показники, що було пов'язано зі зниженням індивідуальної продуктивності рослин, зокрема маси кошика та насіннєвої продуктивності. Для гібрида Білоба за цієї густоти чистий прибуток зменшувався до 24,11 тис. грн/га, а собівартість зростала до 4,10 тис. грн/т, що було найвищим значенням серед усіх варіантів. У середньому по гібридах прибуток становив 22,28 тис. грн/га, що на 6,23 тис. грн/га менше порівняно з оптимальним варіантом (55 тис./га). Це

свідчило про перевищення оптимальної густоти та посилення конкуренції між рослинами за ресурси.

Найвищі економічні показники для гібрида Білоба було сформовано у варіантах із густотою 45–55 тис. рослин/га. Зокрема, за густоти 45 тис./га чистий прибуток становив 31,44 тис. грн/га при найнижчій собівартості 3,19 тис. грн/т, тоді як за густоти 55 тис./га прибуток залишався високим – 30,79 тис. грн/га при собівартості 3,38 тис. грн/т. У цих варіантах забезпечувалося оптимальне поєднання урожайності (3,57 т/га), витрат і ефективності використання ресурсів, що свідчило про найбільш економічно доцільний рівень густоти.

За зменшення густоти до 35 тис. рослин/га економічна ефективність також знижувалася. Для гібрида Білоба чистий прибуток становив 26,64 тис. грн/га, що на 4,80 тис. грн/га менше порівняно з оптимальним варіантом (45 тис./га). У середньому по гібридах прибуток становив 24,90 тис. грн/га, що було на 3,23 тис. грн/га менше порівняно з варіантом 55 тис./га. Це було зумовлено недовикористанням площі живлення та зниженням урожайності.

Для гібрида Дакстон спостерігалася відносна стабільність урожайності в діапазоні 40–60 тис. рослин/га (3,01–3,16 т/га), однак рівень економічної ефективності залишався нижчим порівняно з гібридом Білоба. Найвищий чистий прибуток для цього гібрида було отримано за густоти 55 тис./га – 26,25 тис.грн/га за собівартості 3,69 тис. грн/т. За контрольної густоти (60 тис./га) прибуток зменшувався до 24,35 тис. грн/га, а за загущення до 65 тис./га – до 20,46 тис. грн/га, що супроводжувалося зростанням собівартості до 4,45 тис. грн/т.

У середньому по варіантах дослідів найвищий рівень економічної ефективності було зафіксовано за густоти 55 тис. рослин/га, де чистий прибуток становив 28,52 тис. грн/га за собівартості 3,52 тис. грн/т. Близькі значення отримано також за густоти 45 тис./га – 28,13 тис. грн/га.

За контрольної густоти (60 тис./га) прибуток знижувався до 25,38 тис. грн/га, тоді як за надмірного загущення (65 тис./га) – до 22,28 тис. грн/га, що підтверджувало негативний вплив надлишкової щільності посіву на економічну ефективність (табл. 5.4, Дод. В.4).

Таблиця 5.4

Економічна ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від різної густоти рослин на момент збирання, 2022–2024.

Густота, тис. роsl./га	Гібрид	Урожай- ність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартіс- ть, грн/т
35	Білоба	3,10	10 565	37 200	26 635	3 408
	Дакстон	2,78	10 202	33 360	23 158	3 671
	середнє	2,94	10 384	35 280	24 896	3 532
40	Білоба	3,36	10 994	40 320	29 326	3 272
	Дакстон	3,03	10 632	36 360	25 728	3 511
	середнє	3,20	10 813	38 340	27 527	3 381
45	Білоба	3,57	11 403	42 840	31 437	3 194
	Дакстон	2,98	10 942	35 760	24 818	3 671
	середнє	3,28	11 173	39 300	28 127	3 407
50	Білоба	3,48	11 692	41 760	30 068	3 360
	Дакстон	3,01	11 286	36 120	24 834	3 749
	середнє	3,25	11 489	38 940	27 451	3 532
55	Білоба	3,57	12 053	42 840	30 787	3 376
	Дакстон	3,16	11 674	37 920	26 246	3 694
	середнє	3,37	11 864	40 380	28 516	3 522
60 (контроль)	Білоба	3,23	12 342	38 760	26 418	3 821
	Дакстон	3,02	11 892	36 240	24 348	3 939
	середнє	3,13	12 117	37 500	25 383	3 880
65	Білоба	3,05	12 495	36 600	24 105	4 097
	Дакстон	2,71	12 056	32 520	20 464	4 449
	середнє	2,88	12 276	34 560	22 284	4 262
середнє	Білоба	3,34	11 935	40 046	28 111	3 647
	Дакстон	2,96	11 526	35 469	23 943	3 955
	середнє	3,15	11 731	37 757	26 027	3 801

Щодо впливу різних норм страхових гербіцидів на урожайність соняшнику, найвищий економічний ефект одержано на контролі, де чистий прибуток становив 32,5 тис. грн/га і рентабельність – 271 %. Серед гербіцидних варіантів найменше зниження економічних показників зафіксовано при

застосуванні Пульсар Флекс 1,6 л/га, який забезпечив урожайність 3,53 т/га, прибуток 28,4 тис. грн/га та рентабельність 203 % (табл. 5.5, Дод. В.5).

Таблиця 5.5

Економічна ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від різних норм страхових гербіцидів, 2022–2024 рр.

Гербіцид	Доза, л/га	Гібрид	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Прибуток, грн/га	Собівартість 1 т, грн
Контроль	–	Неома	3,71	15 850	44 520	28 670	4 272
		Білоба	3,37	16 200	40 440	24 240	4 807
		середнє	3,54	16 025	42 480	26 455	4 527
Геліантекс	0,045	Неома	3,20	17 050	38 400	21 350	5 328
		Білоба	2,73	17 400	32 760	15 360	6 374
		середнє	2,97	17 225	35 580	18 355	5 809
	0,065	Неома	3,02	17 250	36 240	18 990	5 712
		Білоба	2,52	17 600	30 240	12 640	6 984
		середнє	2,77	17 425	33 240	15 815	6 291
	0,090	Неома	2,81	17 450	33 720	16 270	6 210
		Білоба	2,09	17 800	25 080	7 280	8 517
		середнє	2,45	17 625	29 400	11 775	7 194
	середнє	Неома	3,01	17 250	36 120	18 870	5 731
		Білоба	2,45	17 600	29 360	11 760	7 193
		середнє	2,73	17 425	32 740	15 315	6 387
Пульсар Флекс	1,6	Неома	3,53	17 850	42 360	24 510	5 057
		Білоба	3,54	18 200	42 480	24 280	5 141
		середнє	3,54	18 025	42 420	24 395	5 099
	2,4	Неома	3,47	18 250	41 640	23 390	5 259
		Білоба	3,18	18 600	38 160	19 560	5 849
		середнє	3,33	18 425	39 900	21 475	5 541
	3,2	Неома	3,14	18 650	37 680	19 030	5 939
		Білоба	3,29	19 000	39 480	20 480	5 775
		середнє	3,22	18 825	38 580	19 755	5 855
	середнє	Неома	3,38	18 250	40 560	22 310	5 402
		Білоба	3,34	18 600	40 040	21 440	5 574
		середнє	3,36	18 425	40 300	21 875	5 486

Зі збільшенням норми внесення Пульсар Флексу до 2,4 л/га і 3,2 л/га економічна ефективність знижувалася через незначне зменшення врожайності та зростання витрат. Найнижчі показники одержано при використанні Геліантексу, особливо у нормі внесення 0,09 л/га, де прибуток знизився до 20,1 тис. грн/га, а рентабельність – до 148 %.

Отже, для гібриду Неома економічно доцільним було застосування Пульсар Флексу у нормі 1,6 л/га, що забезпечувало прийнятний баланс між прибутковістю та ефективністю контролю бур'янів.

Для гібриду Білоба найвищий чистий прибуток зафіксовано у варіанті Пульсар Флекс 1,6 л/га – 28,5 тис. грн/га (рентабельність 203 %), що навіть дещо перевищувало контроль. При подальшому збільшенні норми внесення препарату прибуток знижувався: до 23,8 тис. грн/га (2,4 л/га) та 24,7 тис. грн/га (3,2 л/га). Варіанти з використанням Геліантексу продемонстрували значне погіршення економічних показників. Навіть мінімальна доза внесення 0,045 л/га призводила до скорочення прибутку на 8,9 тис. грн/га, а доза внесення 0,09 л/га – на 17 тис. грн/га порівняно з контролем. Отже, застосування Геліантексу для гібриду Білоба виявилось економічно невиправданим через суттєве зниження врожайності та прибутку (див. табл. 5.5, Дод. В.5).

Застосування бору у досліді не забезпечило підвищення економічної ефективності порівняно з контролем і в більшості варіантів призводило до її зниження за рахунок зростання виробничих витрат. На контролі для гібрида Білоба чистий прибуток становив 36,5 тис. грн/га за собівартості 3,65 тис. грн/т, що було найвищим показником серед усіх варіантів. Для гібрида Сувекс аналогічна тенденція зберігалася – прибуток становив 34,9 тис. грн/га за собівартості 3,73 тис. грн/т. У середньому по гібридах чистий прибуток досягав 35,7 тис. грн/га. Застосування бору у нормі 1,5 л/га супроводжувалося зниженням економічних показників. Найменші втрати відмічалися за внесення у фазі R1–R2, де для гібрида Білоба прибуток становив 34,5 тис. грн/га, а для Сувекса – 30,3 тис. грн/га. У середньому по варіанту прибуток становив 32,4 тис. грн/га, що на 3,3 тис. грн/га менше порівняно з контролем (табл. 5.6, Дод. В.6).

Таблиця 5.6

**Економічна ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від
фоліарного внесення добрива Спектрум Борон 150, 2022–2024 рр.**

Норма, л/га	Фаза	Гібрид	Урожай- ність, т/га	Витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Прибуток , грн/га	Собівар- тість 1 т, грн
Контроль	–	Білоба	4,37	15 938	52 440	36 502	3 647
		Сувекс	4,22	15 742	50 640	34 898	3 731
		середнє	4,30	15 840	51 540	35 700	3 688
1,5	V8–V10	Білоба	4,01	17 463	48 120	30 657	4 354
		Сувекс	4,14	17 589	49 680	32 091	4 248
		середнє	4,08	17 526	48 900	31 374	4 301
	R1–R2	Білоба	4,34	17 612	52 080	34 468	4 056
		Сувекс	3,98	17 438	47 760	30 322	4 381
		середнє	4,16	17 525	49 920	32 395	4 219
	V8–V10 + R1–R2	Білоба	3,92	18 318	47 040	28 722	4 672
		Сувекс	4,02	18 364	48 240	29 876	4 568
		середнє	3,97	18 341	47 640	29 299	4 620
	середнє	Білоба	4,09	17 798	49 080	31 282	4 354
		Сувекс	4,05	17 797	48 560	30 763	4 394
		середнє	4,07	17 798	48 820	31 022	4 374
3,0	V8–V10	Білоба	3,77	18 826	45 240	26 414	4 996
		Сувекс	4,02	18 963	48 240	29 277	4 717
		середнє	3,90	18 895	46 740	27 845	4 856
	R1–R2	Білоба	3,70	18 873	44 400	25 527	5 101
		Сувекс	4,07	19 058	48 840	29 782	4 682
		середнє	3,89	18 966	46 620	27 654	4 892
	V8–V10 + R1–R2	Білоба	3,62	19 517	43 440	23 923	5 392
		Сувекс	3,54	19 468	42 480	23 012	5 498
		середнє	3,58	19 493	42 960	23 468	5 444
	середнє	Білоба	3,70	19 072	44 360	25 288	5 155
		Сувекс	3,88	19 163	46 520	27 357	4 940
		середнє	3,79	19 118	45 440	26 322	5 046

При цьому собівартість зростала до 4,05–4,38 тис. грн/т. Внесення у фазі V8–V10 забезпечувало ще нижчі показники – у середньому 31,4 тис. грн/га, а

дворазова обробка (V8–V10 + R1–R2) була менш ефективною – 29,3 тис. грн/га, що пояснюється додатковими витратами без відповідної прибавки урожайності. Підвищення норми бору до 3,0 л/га призводило до подальшого зниження економічної ефективності. У варіанті V8–V10 середній прибуток становив 27,8 тис. грн/га, у фазі R1–R2 – 27,7 тис. грн/га, тоді як за дворазового внесення він знижувався до 23,5 тис. грн/га. Для гібрида Білоба у цих варіантах прибуток зменшувався до 23,9–26,4 тис. грн/га, а собівартість зростала до 5,0–5,4 тис. грн/т. У гібрида Сувекс показники були дещо вищими, проте також мали тенденцію до зниження (23,0–29,8 тис. грн/га). У середньому по гібридах найвищі показники економічної ефективності були отримані на контролі (35,7 тис. грн/га), тоді як застосування бору у нормі 1,5 л/га знижувало прибуток до 31,0 тис. грн/га (-13 %), а за норми 3,0 л/га – до 26,3 тис. грн/га (-26 %). Найменш ефективним виявився варіант дворазового внесення бору, де поєднання високих витрат і зниження урожайності призводило до максимального падіння економічних показників (див. табл. 5.6, Дод.В.6).

5.2. Енергетична ефективність технологій

Дослідники зазначають, що біоенергетична оцінка агротехнічних прийомів вирощування полягає у визначенні ступеня окупності витрат сукупної енергії енергією, накопиченою в урожайній продукції, а також у розрахунку енергоемності виробництва одиниці споживчої вартості [154–157]. Такий підхід дозволяє оцінити ефективність використання як відновлювальної, так і невідновлювальної енергії (нафтопродуктів, мінеральних добрив, пестицидів), визначити шляхи зниження енергозатрат і підвищення стійкості агросистем. Сучасні дослідження підкреслюють, що виробництво мінеральних добрив становить одну з найенергоємніших ланок у структурі агровиробництва, на яку може припадати до 50 % сукупних енергетичних витрат, тому пошук енергоефективних технологій удобрення й захисту рослин залишається пріоритетним напрямом сталого землеробства [158–159].

5.2.1. Біоенергетична ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від гербіцидних технологій

Як свідчать результати біоенергетичного аналізу, енергоефективність технологій вирощування соняшнику істотно залежала від системи контролю бур'янів і типу гібриду. Найвищі показники коефіцієнта енергетичної ефективності ($K_e = 5,61\text{--}5,92$) відмічалися на контролі (механічна прополка), де енергетичні витрати були найнижчими – на рівні $2,83\text{--}2,90$ ГДж/га, а вихід енергії з урожаєм становив $15,88\text{--}17,16$ ГДж/га.

У середньому по варіанту K_e дорівнював $5,72$, що свідчило про найбільш ефективне використання вкладеної енергії. Застосування гербіцидних технологій супроводжувалося зростанням енергетичних витрат до $3,02\text{--}3,11$ ГДж/га та одночасним зниженням коефіцієнта енергетичної ефективності.

Серед ґрунтових гербіцидів найбільш збалансованими за біоенергетичними показниками були варіанти Екліпс + Філдер та Примекстра + Яструб, де середній коефіцієнт K_e становив відповідно $4,84$ та $4,82$. Це пояснювалося відносно високим рівнем урожайності ($3,49\text{--}3,54$ т/га) при помірному зростанні енергетичних витрат.

Серед страхових гербіцидів найкращі показники забезпечував Стелс, де коефіцієнт енергетичної ефективності становив $4,24\text{--}4,75$, а в середньому – $4,54$. Варіант із застосуванням гербіциду Челендж характеризувався дещо нижчим рівнем ефективності ($K_e = 4,17\text{--}4,52$), що було зумовлено помірним зниженням урожайності при близькому рівні енергетичних витрат.

Найнижчі показники енергетичної ефективності зафіксовано у варіанті з використанням гербіциду Геліантекс, де коефіцієнт K_e знижувався до $3,46\text{--}4,27$ (у середньому $3,91$). Це було пов'язано зі значним зменшенням урожайності (до $2,45\text{--}3,14$ т/га) при практично незмінному рівні енергетичних витрат, що призводило до зниження виходу енергії з одиниці площі до $10,43\text{--}13,37$ ГДж/га (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Біоенергетична ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно
від гербіцидних технологій, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Гібрид	Урожайність, т/га	Евитр, ГДж/га	Епрод, ГДж/га	Ке
Контроль	Білоба	3,76	2,84	16,01	5,64
	Неома	4,03	2,90	17,16	5,92
	Сувекс	3,73	2,83	15,88	5,61
	середнє	3,84	2,86	16,35	5,72
Примекстра + Яструб	Білоба	3,30	3,05	14,05	4,61
	Неома	3,66	3,12	15,58	4,99
	Сувекс	3,52	3,09	14,98	4,85
	середнє	3,49	3,09	14,87	4,82
Екліпс + Філдер	Білоба	3,17	3,04	13,50	4,44
	Неома	3,83	3,17	16,30	5,14
	Сувекс	3,61	3,12	15,37	4,93
	середнє	3,54	3,11	15,06	4,84
Геліантекс	Білоба	2,45	3,01	10,43	3,46
	Неома	3,14	3,13	13,37	4,27
	Сувекс	2,87	3,07	12,22	3,98
	середнє	2,82	3,07	12,01	3,91
Стелс	Білоба	2,99	3,00	12,73	4,24
	Неома	3,34	3,07	14,22	4,63
	Сувекс	3,45	3,09	14,69	4,75
	середнє	3,26	3,05	13,88	4,54
Челенж	Білоба	2,93	2,99	12,47	4,17
	Неома	3,24	3,05	13,79	4,52
	Сувекс	3,06	3,02	13,03	4,31
	середнє	3,08	3,02	13,10	4,33
середнє	Білоба	3,10	2,99	13,20	4,43
	Неома	3,54	3,07	15,07	4,91
	Сувекс	3,37	3,04	14,36	4,72
	середнє	3,34	3,03	14,21	4,69

Аналіз у розрізі гібридів показав, що найвищою енергоефективністю характеризувався гібрид Неома, для якого середній коефіцієнт K_e становив 4,91, тоді як у гібридів Сувекс і Білоба цей показник був дещо нижчим – відповідно 4,72 та 4,43. Вища енергоефективність Неоми зумовлювалася стабільно більшою урожайністю (у середньому 3,54 т/га) і, відповідно, більшим виходом енергії з урожаєм. У середньому по досліді коефіцієнт енергетичної ефективності становив 4,69, що свідчило про достатньо високий рівень ефективності технологій вирощування соняшнику в умовах досліді (див. табл. 5.7).

5.2.2. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику за різної густоти рослин

Дані аналізу біоенергетичної ефективності вирощування соняшнику за різної густоти рослин свідчать, що цей показник суттєво впливав на співвідношення між накопиченою та витраченою енергією.

Для гібриду Білоба максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності ($K_e = 5,02$) були одержані за густоти 45–55 тис. рослин/га, коли поєднувалися високий рівень урожайності (3,57 т/га) та помірні енергетичні витрати (близько 3,03 ГДж/га). За цих умов вихід енергії з урожаєм досягав 15,21 ГДж/га, що забезпечувало найбільш ефективне використання вкладених енергетичних ресурсів.

На контрольному варіанті (60 тис./га) коефіцієнт енергетичної ефективності знижувався до 4,63, що було зумовлено зменшенням урожайності до 3,23 т/га при практично незмінному рівні енергетичних витрат.

Для гібриду Дакстон оптимальні показники енергоефективності спостерігалися за густоти 55 тис. рослин/га, де коефіцієнт K_e досягав 4,56 за урожайності 3,16 т/га та енергетичних витрат 2,95 ГДж/га. За густоти 60 тис./га цей показник дещо знижувався до 4,40, що свідчило про певне перевищення оптимальної щільності посіву (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Біоенергетична ефективність вирощування гібридів соняшнику
залежно від густоти рослин, 2022–2024 рр.**

Густота, тис./га	Гібрид	Урожайність, т/га	Езат, ГДж/га	Епрод, ГДж/га	Ке
35	Білоба	3,10	2,93	13,21	4,51
	Дакстон	2,78	2,86	11,84	4,14
	середнє	2,94	2,90	12,53	4,32
40	Білоба	3,36	2,99	14,31	4,78
	Дакстон	3,03	2,92	12,91	4,42
	середнє	3,20	2,96	13,61	4,60
45	Білоба	3,57	3,03	15,21	5,02
	Дакстон	2,98	2,91	12,69	4,36
	середнє	3,28	2,97	13,95	4,69
50	Білоба	3,48	3,01	14,82	4,92
	Дакстон	3,01	2,92	12,82	4,39
	середнє	3,25	2,97	13,82	4,66
55	Білоба	3,57	3,03	15,21	5,02
	Дакстон	3,16	2,95	13,46	4,56
	середнє	3,37	2,99	14,34	4,79
60 (контроль)	Білоба	3,23	2,97	13,76	4,63
	Дакстон	3,02	2,92	12,86	4,40
	середнє	3,13	2,95	13,31	4,52
65	Білоба	3,05	2,93	12,99	4,43
	Дакстон	2,71	2,85	11,54	4,05
	середнє	2,88	2,89	12,27	4,24
середнє	Білоба	3,34	2,98	14,22	4,77
	Дакстон	2,96	2,90	12,59	4,33
	середнє	3,15	2,94	13,41	4,55

За зменшення густоти до 35–40 тис./га коефіцієнт енергетичної ефективності знижувався до 4,14–4,42 через недовикористання продуктивного потенціалу агроценозу. За надмірного загущення (65 тис./га) енергоефективність також зменшувалася ($K_e = 4,05$), що було пов'язано зі зниженням урожайності до 2,71 т/га.

У середньому по гібридах найвищий рівень енергетичної ефективності забезпечувався за густоти 55 тис. рослин/га ($Ke = 4,79$), тоді як її за зменшення до 35 тис./га та збільшенні до 65 тис./га цей показник знижувався відповідно до 4,32 та 4,24.

Отже, оптимальна густота рослин для формування найвищої біоенергетичної ефективності становила 45–55 тис. рослин/га для гібриду Білоба та близько 55 тис. рослин/га для гібриду Дакстон, що забезпечувало найбільш раціональне співвідношення між енергетичними витратами та виходом енергії з урожаєм (див. табл. 5.8).

5.2.3. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від норм внесення страхових гербіцидів

Розрахунки показали, що біоенергетична ефективність вирощування соняшнику суттєво залежала від норми внесення страхових гербіцидів. На контролі (без гербіцидів) коефіцієнт енергетичної ефективності становив 5,59 для гібриду Неома та 5,15 для Білоби, що було найвищим серед усіх досліджуваних варіантів. Це пояснювалося поєднанням достатньо високої урожайності (3,37–3,71 т/га) та мінімального рівня енергетичних витрат (2,79–2,83 ГДж/га).

Серед варіантів із застосуванням гербіцидів найвищу енергетичну ефективність забезпечував Пульсар Флекс у нормі 2,4 л/га, де коефіцієнт Ke становив 4,87–4,88, що лише на 12–15 % нижче за контроль. За цієї норми відзначено максимальний вихід енергії з урожаєм (15,04–15,08 ГДж/га) при відносно помірному рівні енергетичних витрат (3,09 ГДж/га), що забезпечувало найбільш раціональне співвідношення між вкладеною та отриманою енергією.

Зменшення норми Пульсар Флексу до 1,6 л/га супроводжувалося зниженням урожайності (до 2,45–3,01 т/га) і, відповідно, виходу енергії (10,42–12,82 ГДж/га), внаслідок чого коефіцієнт енергетичної ефективності зменшувався до 3,59–4,32.

Підвищення норми до 3,2 л/га також призводило до зниження K_e до рівня 4,36–4,71, що було пов'язано зі зростанням енергетичних витрат без пропорційного збільшення урожайності.

Застосування гербіциду Геліантекс виявилось найменш енергоефективним серед усіх досліджуваних варіантів. Зі збільшенням норми внесення від 0,045 л/га до 0,09 л/га коефіцієнт K_e знижувався від 4,02–4,62 до 3,06–4,00. У середньому по варіантах цей показник становив 3,53–4,32, що було зумовлено істотним зменшенням урожайності (до 2,09–3,20 т/га) при практично незмінному рівні енергетичних витрат (2,89–2,99 ГДж/га) (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

**Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від
норм внесення страхових гербіцидів, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Доза, л/га	Гібрид	Урожайність, т/га	Езат, ГДж/га	Епрод, ГДж/га	K_e
Контроль	–	Неома	3,71	2,83	15,80	5,59
		Білоба	3,37	2,79	14,36	5,15
		середнє	3,54	2,81	15,08	5,37
Геліантекс	0,045	Неома	3,20	2,95	13,63	4,62
		Білоба	2,73	2,89	11,63	4,02
		середнє	2,97	2,92	12,63	4,32
	0,065	Неома	3,02	2,97	12,87	4,34
		Білоба	2,52	2,91	10,74	3,69
		середнє	2,77	2,94	11,80	4,02
	0,09	Неома	2,81	2,99	11,97	4,00
		Білоба	2,09	2,91	8,90	3,06
		середнє	2,45	2,95	10,44	3,53
Пульсар Флекс	1,6	Неома	3,01	2,97	12,82	4,32
		Білоба	2,45	2,90	10,42	3,59
		середнє	2,73	2,94	11,62	3,96
	2,4	Неома	3,53	3,09	15,04	4,87
		Білоба	3,54	3,09	15,08	4,88
		середнє	3,54	3,09	15,06	4,88
	3,2	Неома	3,47	3,14	14,78	4,71
		Білоба	3,18	3,11	13,55	4,36
		середнє	3,33	3,13	14,17	4,54

5.2.4. Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від норм і фаз внесення бору

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності було отримано на контролі без позакоренових обробок, де Ке становив 6,38 у гібрида Білоба та 6,20 у Сувекса, при енергетичних витратах 2,90–2,92 ГДж/га і максимальному виході енергії з урожаєм (17,98–18,62 ГДж/га). У середньому по досліді цей показник становив 6,29, що свідчило про найбільш ефективне використання вкладеної енергії (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику залежно від норм внесення борного добрива Спектрум Борон 150, 2022–2024 рр.

Норма, л/га	Фаза внесення	Гібрид	Урожайність, т/га	Езат, ГДж/га	Епрод, ГДж/га	Ке
Контроль	–	Білоба	4,37	18,62	2,92	6,38
		Сувекс	4,22	17,98	2,90	6,20
		середнє	4,30	18,30	2,91	6,29
1,5	V8–V10	Білоба	4,01	17,08	3,04	5,62
		Сувекс	4,14	17,65	3,05	5,78
		середнє	4,08	17,36	3,05	5,70
	R1–R2	Білоба	4,34	18,45	3,06	6,02
		Сувекс	3,98	16,93	3,03	5,58
		середнє	4,16	17,69	3,05	5,79
	V8–V10 + R1–R2	Білоба	3,92	16,69	3,17	5,28
		Сувекс	4,02	17,13	3,16	5,42
		середнє	3,97	16,91	3,17	5,35
3,0	V8–V10	Білоба	3,77	16,04	3,26	4,92
		Сувекс	4,02	17,13	3,25	5,27
		середнє	3,90	16,58	3,26	5,09
	R1–R2	Білоба	3,70	15,74	3,28	4,80
		Сувекс	4,07	17,34	3,27	5,30
		середнє	3,89	16,54	3,28	5,05
	V8–V10 + R1–R2	Білоба	3,62	15,40	3,28	4,70
		Сувекс	3,54	15,05	3,25	4,63
		середнє	3,58	15,22	3,27	4,66

За внесення бору у нормі 1,5 л/га спостерігалось зниження коефіцієнта енергетичної ефективності до 5,28–6,02 залежно від фази внесення. Найближчими до контролю були варіанти внесення у фазі R1–R2, де Ке становив 6,02 у гібрида Білоба та 5,58 у Сувекса, а середнє значення – 5,79. Це свідчило про відносно незначне зниження енергоефективності за одноразового внесення у критичний період формування генеративних органів.

Внесення бору у фазі V8–V10 або дворазове застосування (V8–V10 + R1–R2) супроводжувалося більш помітним зниженням показника до 5,28–5,78, що було пов'язано зі збільшенням енергетичних витрат (до 3,04–3,17 ГДж/га) без відповідного приросту урожайності.

Подальше підвищення норми бору до 3,0 л/га призводило до ще більшого зниження енергетичної ефективності. Значення Ке зменшувалися до 4,63–5,45, а у варіантах із дворазовим внесенням – до мінімальних 4,63–4,70. Це було зумовлено одночасним зростанням енергетичних витрат (до 3,26–3,28 ГДж/га) і зниженням урожайності (до 3,54–3,62 т/га), що обмежувало вихід валової енергії з продукції.

У середньому по гібридах за норми 3,0 л/га коефіцієнт енергетичної ефективності становив 5,05, що на 19,7 % менше порівняно з контролем. При цьому гібрид Сувекс характеризувався дещо вищими показниками енергоефективності (5,17), ніж Білоба (4,94), що пояснювалося більш стабільною урожайністю за підвищенням рівня технологічного навантаження (див. табл. 5.10).

Отже, за умов дослідів застосування борного добрива не було енергетично виправданим, оскільки додаткові витрати енергії на його внесення не компенсувалися відповідним підвищенням продуктивності посівів. Найбільш раціональним за показниками біоенергетичної ефективності залишався контрольний варіант, тоді як серед обробок відносно кращі результати забезпечувало одноразове внесення бору у нормі 1,5 л/га у фазі R1–R2.

Висновки до розділу 5

1. Встановлено, що максимальна економічна ефективність вирощування соняшника формувалася на контролі без гербіцидів: чистий прибуток становив 28522–32160 грн/га, рентабельність 176–240%. Серед гербіцидів найкращі результати забезпечували Екліпс + Філдер (до 28760 грн/га; 153–167%), тоді як найгірші – Геліантекс (14425–20780 грн/га; рентабельність до 96%; собівартість до 6112 грн/т). Отже, гербіцидне навантаження знижувало економічну ефективність, особливо за використання Геліантексу.

2. Встановлено, що найбільш економічно оптимальною для вирощування соняшнику була густота рослин 45–55 тис. рослин/га, яка забезпечувала максимальний прибуток 28127–28516 грн/га за мінімальної собівартості 3194–3522 грн/т. За загущення до 65 тис./га прибуток знижувався до 20464–22284 грн/га, а собівартість зростала до 4262–4449 грн/т.

3. Встановлено, що найвищі економічні показники формувалися на контролі (без внесення гербіцидів): чистий прибуток становив 24240–28670 грн/га. Серед страхових гербіцидів найкращим був варіант із застосуванням Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га (24280–24510 грн/га; собівартість 5057–5141 грн/т), тоді як підвищення дози до 3,2 л/га знижувало прибуток до 19755 грн/га. Найгірші результати отримано за внесення Геліантексу у дозі 0,090 л/га – 7280–11775 грн/га при собівартості до 8517 грн/т. Визначено, що Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га був економічно оптимальним, тоді як підвищені дози Геліантексу – збитковими.

4. Встановлено, що найвищий економічний ефект за позакореневого внесення бору на фоні високого вмісту цього елементу у ґрунті формувався на контролі – 34898–36502 грн/га за собівартості 3647–3731 грн/т. Внесення 1,5 л/га знижувало прибуток до 31022 грн/га (-4 678 грн/га), а 3,0 л/га – до 26322 грн/га (-9378 грн/га). Найменші втрати відмічено у фазі R1–R2 (32395 грн/га), найбільші – за дробного внесення 3,0 л/га (23 468 грн/га; собівартість до 5444 грн/т).

5. Встановлено, що найвища біоенергетична ефективність формувалася на контролі (без внесення гербіцидів): коефіцієнт $К_e$ становив 5,61–5,92 (у середньому 5,72) за мінімальних витрат 2,83–2,90 ГДж/га і максимальному виході енергії 15,88–17,16 ГДж/га. Серед гербіцидів найкращими були Екліпс + Філдер і Примекстра + Яструб ($К_e$ 4,82–4,84), а найгіршим був варіант із Геліантекс ($К_e$ 3,91). Серед гібридів найвищу ефективність мав Неома ($К_e$ 4,91), найнижчу – Білоба (4,43).

6. Найвищу біоенергетичну ефективність вирощування соняшника одержано за густоти 45–55 тис. рослин/га: $К_e$ становив 4,69–5,02 (у середньому до 4,79) при виході енергії 15,21 ГДж/га. За відхилення від оптимуму (35 або 65 тис./га) коефіцієнт знижувався до 4,24–4,32.

7. Встановлено, що підвищення доз гербіцидів, особливо Геліантексу, знижувало енергоефективність. Найвища біоенергетична ефективність у досліді зі страховими гербіцидними технологіями була на контролі ($К_e$ 5,15–5,59; у середньому 5,37). Серед гербіцидів найкращим був Пульсар Флекс у дозі 2,4 л/га ($К_e \approx 4,88$; вихід енергії 15,04–15,08 ГДж/га), тоді як за дози 3,2 л/га показник знижувався до 4,54, а за 1,6 л/га – до 3,96. Найгірші результати мав Геліантекс за дози 0,09 л/га ($К_e$ 3,06–3,53).

8. Встановлено, що застосування бору, особливо у підвищених нормах, знижувало енергоефективність вирощування соняшнику на фоні високого вмісту цього елемента у ґрунті. Позакореневе внесення бору не підвищувало біоенергетичну ефективність: на контролі $К_e$ становив 6,20–6,38 (у середньому 6,29), тоді як за 1,5 л/га – 5,69–5,79, а за 3,0 л/га знижувався до 4,66–5,27. Найменше зниження відмічено за внесення 1,5 л/га у фазі R1–R2 ($К_e$ до 6,02), найбільше – за дробного внесення 3,0 л/га ($К_e$ 4,66).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення важливого науково-практичного завдання, що полягає у підвищенні урожайності та якості насіння соняшнику (*Helianthus annuus* L.) в умовах східної частини Степу України шляхом оптимізації основних елементів технології вирощування – густоти рослин, гербіцидного захисту, позакореневого підживлення бором і регулювання біологічних чинників запилення. На основі багаторічних польових досліджень встановлено закономірності росту, розвитку, формування структури урожайності та олійності насіння сучасних гібридів соняшнику різних груп стиглості за дії комплексу агротехнічних та біологічних факторів. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено негативний вплив гербіцидних технологій на привабливість посівів соняшнику для бджіл. За внесення ґрунтових гербіцидів (Примекстра ТЗ Голд + Яструб, Екліпс + Філдер) середня привабливість гібридів для бджіл зменшувалася у середньому на 29–56%, а за страхових (Геліантекс, Стелс, Челендж) – відповідно на 33–82 % порівняно з фоном без гербіцидів.

2. Встановлено прямий кореляційний зв'язок між активністю бджіл у період цвітіння соняшника і його урожайністю ($r = 0,95$): збільшення відвідуваності на 1 бджолу/кошик за 10 хв забезпечувало прибавку урожайності у середньому 0,23 т/га.

3. В гербіцидній технології вирощування соняшника встановлено вищий позитивний ефект від застосування ґрунтових гербіцидів порівняно із страховими. За внесення ґрунтових гербіцидів (Примекстра ТЗ Голд + Яструб, Екліпс + Філдер) середня привабливість гібридів для бджіл була в середньому на 20 %, а урожайність – відповідно на 13 % вищою порівняно з внесенням страхових гербіцидів (Геліантекс, Стелс, Челендж, Пульсар Флекс).

4. Серед страхових гербіцидів найменшу фітотоксичність для рослин соняшника чинив гербіцид Пульсар Флекс, а найбільшу – Геліантекс, особливо за підвищених норм внесення, що супроводжувалося зменшенням урожайності до контролю у середньому на 0,86–1,15 т/га (22–35%), кількості насінин у

кошикові на 301–339 шт. (24–27%), діаметра кошика на 5–30%, висоти рослин на 14–15 % і маси 1000 насінин на 17–18%.

5. Встановлено залежність виживаності рослин соняшника від складу гербіциду та норми його внесення, при цьому гербіцид Пульсар Флекс був менш токсичним для рослин порівняно з Геліантексом. Виживаність рослин за внесення Геліантексу знижувалася з 100% до 88,3–64,2%, тоді як за внесення Пульсар Флекс вона становила 90,3–99,5%.

6. Встановлено негативний вплив підвищених доз гербіцидів на продуктивність соняшнику. Найбільш агрономічно ефективним був варіант із Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га, де урожайність становила 3,53–3,54 т/га (на рівні або +5% до контролю). Підвищення дози до 3,2 л/га знижувало урожайність до 3,22 т/га, тоді як у варіанті із внесенням 0,090 г/га Геліантексу урожайність знижувалася до 2,45 т/га (-38% порівняно з контролем).

7. Встановлено залежність інтенсивності відвідування рослин соняшнику у період цвітіння від гібриду. Серед досліджуваних гібридів найвищу середню привабливість для бджіл мав Неома – 4,00 бджоли на кошик за 10 хв, а найнижчу – Сувекс – 3,17 бджоли на кошик за 10 хв.

8. Встановлено істотний вплив погодних умов року на відвідуваність соняшника у період цвітіння бджолами: у роки з оптимальним ГТК (2022–2023 рр.) середня активність бджіл становила 4,50–5,00 шт. на кошик за 10 хв, а у посушливому 2024 р. – лише 1,28 шт. на кошик за 10 хв.

9. Встановлено оптимальну густоту рослин на час збирання соняшнику, яка становила 45–55 тис./га, за якої одержано найбільшу урожайність гібридів – Білоби – 4,26–4,66 т/га, Дакстона – 3,82–3,92 т/га, а у стресових умовах 2024 р. – 1,84–2,00 і 1,58–1,61 т/га відповідно. При відхиленні від цього діапазону продуктивність знижувалася, що підтвердило вирішальну роль оптимального співвідношення кількості рослин на одиницю площі. За розрідження посівів до 35 тис./га зростала індивідуальна продуктивність рослин (до 2255 насінин/кошик і 63–69 г маси 1000 насінин), однак це не компенсувало зменшення кількості

рослин на площі. За загущення до 65 тис./га, навпаки, знижувалися показники структури врожайності.

10. Встановлено зменшення урожайності гібридів соняшнику від позакореневого внесення бору на фоні високого вмісту цього елементу у ґрунті: у Білоби – з 3,52 т/га до 3,31–3,07 т/га (-6–13%). Найменші втрати відмічено за 1,5 л/га у фазі R1–R2 (-3%), тоді як дробне внесення було найменш ефективним (\approx 3,14 т/га). Надмірне внесення бору (3,0 л/га) також знижувало масу 1000 насінин з 51,0–54,7 г до 45,7–49,7 г (-9–16%) та виповненість кошика з 8,3 бала до 5,0 бала (-40%).

11. Встановлено зниження якості насіння соняшнику за гербіцидних технологій вирощування: на контролі (без гербіцидів) вміст олії становив 52,2%, вихід – 2,01 т/га, тоді як ґрунтові гербіциди зменшували ці показники на 1,1–2,3% і 9–12%. Найбільший негативний вплив мали Геліантекс (47,2% і 1,33 т/га), Стелс і Челенж – на 1,4–2,6% і 19–22%.

12. Встановлено, що серед досліджуваних гербіцидів Пульсар Флекс чинив найменший негативний вплив на вміст олії в насінні: за 1,6 л/га вміст олії становив 49,5% (-1,2%), вихід – 1,75 т/га (-1,1%), у Білоби – до 1,76 т/га (+2,9%). За внесення Геліантексу 0,090 л/га показники знижувалися до 46,9% і 1,14 т/га (-6,42% і -35,7%).

13. Встановлено оптимальний рівень густоти рослин соняшника на час збирання – 45–55 тис. рослин/га, який забезпечував максимальну якість і вихід олії у гібридів Білоба та Дакстон: олійність перевищувала контроль на 1,5–2,3%, а вихід становив 1,58–1,67 т/га (+9–14%). Гібрид Дакстон перевищував Білобу за вмістом олії на 1,5–2,0%.

14. Встановлено, що інтенсифікація технології вирощування соняшника без оптимізації норм внесення гербіцидів, густоти рослин та внесення бору знижувала економічну ефективність. Найвища економічна ефективність формувалася на контролі у всіх дослідках (гербіцидні технології, густота рослин, позакореневе внесення бору) – 28522–32160 грн/га за рентабельності 176–240%. Серед гербіцидних технологій найкращим було досходове внесення Екліпс +

Філдер (прибуток до 28760 грн/га), а також страховий гербіцид Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га (прибуток 24395 грн/га), тоді як Геліантекс за дози 0,090 л/га знижував прибуток до 11775 грн/га. У досліді з густотою рослин оптимальний варіант 55 тис./га забезпечував прибуток до 28516 грн/га. У досліді з бором внесення 3,0 л/га знижувало прибуток до 26322 грн/га порівняно з 35700 грн/га на контролі.

15. Встановлено зворотну залежність енергоефективності вирощування соняшника від зростання технологічного навантаження: найвища біоенергетична ефективність формувалася на контролі у всіх дослідях: Ке становив 5,61–5,92 (гербіциди), до 4,79 за густоти 45–55 тис./га і 6,29 у досліді з бором. Серед гербіцидів найкращими були Екліпс + Філдер і Примекстра + Яструб (Ке 4,82–4,84), а серед страхових – Пульсар Флекс 2,4 л/га (Ке 4,88). Найгірші показники мав Геліантекс 0,090 л/га (Ке 3,53, у Білоби 3,06). У дослідженні з бором підвищення норми до 3,0 л/га (дробно) знижувало Ке до 4,66.

16. Науково обґрунтовано й доведено, що для умов східного Степу України оптимальна густина соняшника становила 45–55 тис. рослин/га (для гібриду Білоба це 45–55, для гібриду Дакстон ~55 тис./га). Найкращі результати за сукупністю показників забезпечував гербіцид Пульсар Флекс за дози 1,6–2,4 л/га. Застосування Геліантексу $> 0,045$ л/га знижувало толерантність, урожайність, якість насіння, прибуток і Ке. Позакореневе внесення бору у дозі 1,5–3,0 л/га на фоні його високого вмісту у ґрунті не підвищувало продуктивність і ефективність порівняно з контролем.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Результати польових досліджень, проведених у 2022–2024 рр. в умовах східної частини Степу України, показали, що підвищення урожайності, стабільності та якості насіння соняшнику досягається за рахунок комплексної оптимізації густоти рослин, системи гербіцидного захисту, збереження активності бджіл-запилювачів і обережного застосування борвмісних добрив.

1. У технологіях вирощування соняшнику, орієнтованих на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності, рекомендовано враховувати вплив гербіцидного навантаження на активність комах-запилювачів і віддавати перевагу таким елементам захисту, які найменше знижують привабливість посівів для бджіл, оскільки між інтенсивністю відвідування кошиків бджолами та рівнем урожайності встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,95$). Збільшення відвідуваності на 1 бджолу на кошик за 10 хв забезпечувало приріст урожайності на 0,23 т/га. Найменше пригнічення запилювальної активності відмічалось на контролі, тоді як застосування гербіцидів, особливо страхових, зменшувало відвідуваність посівів на 33–82%, що супроводжувалося зниженням кількості насінин у кошику, маси 1000 насінин та загальної урожайності. У зв'язку з цим у фазу цвітіння доцільно мінімізувати технологічні чинники, які можуть знижувати ентомофільну активність агроценозу.

2. В умовах нестійкого та недостатнього зволоження Степу України гібриди соняшнику середньоранньої групи стиглості (Білоба, Дакстон, Сувекс, Неома) рекомендовано висівати з нормою на кінцеву густоту перед збиранням 45–55 тис. рослин/га, за якої буде оптимальне співвідношення між площею живлення та інтенсивністю фотосинтетичної діяльності агрофітоценозу, що забезпечуватиме найкраще поєднання урожайності (у середньому 3,35–3,48 т/га), маси насіння з кошика (52–58 г), маси 1000 насінин (60–68 г), діаметра кошика (19,8–21,4 см), а також виходу олії, економічної та біоенергетичної ефективності.

3. У системах післясходового гербіцидного захисту соняшнику в умовах східного Степу України доцільно застосовувати Пульсар Флекс у нормі 1,6 л/га

як найбільш селективний і агрономічно безпечний страховий гербіцид, що забезпечує високу виживаність рослин (90,3–99,5%), збереження основних морфометричних показників, урожайність на рівні контролю або вище нього (3,53–3,54 т/га), а також відносно високі показники олійності, виходу олії, економічної та біоенергетичної ефективності. Не рекомендовано підвищувати норму Геліантексу понад 0,045 л/га, оскільки це призводить до істотного пригнічення ростових процесів, зниження виживаності рослин, діаметра кошика, урожайності, олійності насіння, прибутку та коефіцієнта енергетичної ефективності; за норми 0,090 л/га втрати урожаю сягали 38% порівняно з контролем.

4. Позакореневе внесення водорозчинного бору в нормах 1,5–3,0 л/га в умовах проведених досліджень не рекомендовано як обов'язковий елемент технології вирощування соняшнику, оскільки його застосування не забезпечувало приросту урожайності, а в більшості варіантів супроводжувалося її зниженням на 3–13%, а також погіршенням показників виповненості кошика, маси 1000 насінин, економічної та біоенергетичної ефективності. Найменш негативний вплив відмічено за одноразового внесення 1,5 л/га у фазі R1–R2, однак навіть цей варіант не мав переваг над контролем. Дрібне внесення підвищених норм бору (3,0 л/га) є недоцільним, оскільки воно найбільшою мірою знижувало продуктивність рослин, прибуток та коефіцієнт енергетичної ефективності.

Потрібно уникати внесення бору «всліпу», як це часто практикується в більшості випадків. Доцільно додатково проводити аналізи ґрунту в національних лабораторіях, а не покладатися на дослідження закордонних лабораторій через різницю стандартів та специфіки методик, які нам до кінця не відомі. Варто виконувати аналізи ґрунту навіть у 2–3 різних лабораторіях, щоб мінімізувати похибку результатів перед прийняттям рішення про внесення мікродобрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kynetec. Leading agricultural and animal health market research globally. URL: <https://www.kynetec.com> (дата звернення: 20.1.2025).
2. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. Київ : Аграрна освіта, 2003. 358 с.
3. Полторецький С. П., Полторецька Н. М. Рослинництво. Умань, 2003. 361 с.
4. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. С. 200–205.
5. Кириченко В. В. Селекція і насінництво соняшнику (*Helianthus annuus* L.). Харків : Магда LTD, 2005. 386 с.
6. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Соняшник. Львів : НВФ “Українські технології”, 2005. 48 с.
7. Никитчин Д. И. Подсолнечник. Київ : Урожай, 1999. 81 с.
8. Глянцев О. Ф. Соняшник. Олійні та ефіроолійні культури. Київ : Урожай, 1970. С. 100–113.
9. Blamey F. P. C., Zollinger R. K., Schneider A. A. Sunflower production and culture. In: Sunflower Technology and Production. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, 1997. P. 595–670.
10. Фурсова Г. К. Соняшник: систематика, морфологія, біологія. Харків : ХДАУ, 1997. 98 с.
11. Rauf S. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. *Communications in Biometry and Crop Science*. 2008. Vol. 3(1). P. 29–44.
12. Giménez C., Fereres E. Genetic variability in sunflower yield response to plant density. *Agronomy Journal*. 1986. Vol. 78. P. 417–422.
13. Влох В. Г., Дубковський С. В., Кияк Г. С. та ін. Рослинництво / за ред. В. Г. Влоха. Київ: Вища школа, 2005. 382 с.
14. Rondanini D., Savin R., Hall A.J. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during

- grain filling. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 83. P.79–90. doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00064-9.
- 15.FAOSTAT. Food and Agriculture Data. 2025. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 20.1.2025).
- 16.Kaya Y., Jocić S., Miladinović D. Technological innovations in major world oil crops. *Sunflower*, 2011. С. 85-129.
- 17.Miklić V. Sunflower breeding at Institute of field and vegetable crops. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 2008. p. 31-63.
- 18.Господаренко Г.М., Писаренко П.В. Технологія вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 342 с.
- 19.Cvejić S, Dedić B, Radanović A, Jocković M, Ćuk N, Jocković J, Gvozdenac S, Bursać S, Jocić S, Miladinović D, Miklić V. Advancing sunflower resilience to climate change through innovative breeding strategies. in Proceedings Book, 9th European Sunflower Biotechnology Conference SUNBIO 2025, 19-21 November 2025, Antalya, Turkey. 2025;35-35.
- 20.Jocković J, Zorić L, Cvejić S, Jocković M, Radanović A, Miladinović D, Luković J. Xylem characteristics of wild *Helianthus* germplasm as a source for drought tolerance in cultivated sunflower. in Proceedings Book, 9th European Sunflower Biotechnology Conference SUNBIO 2025, 19-21 November 2025, Antalya, Turkey. 2025;15-16.
- 21.Crop Explorer. Sunflower area and yield estimates in Ukraine. 2025. URL: <https://fas.usda.gov/cropeexplorer> (дата звернення: 20.1.2025).
- 22.Міністерство аграрної політики та продовольства України. Оперативні дані врожаю 2025 року. Київ : Мінагрополітики, 2025.
- 23.Grigorencu S. Interview with AgroReview on the 2025 oilseeds campaign. 2025. URL: [AgroReview — Media for Agricultural Professionals](#).
- 24.Škorić D. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. Novi Sad : Institute of Field and Vegetable Crops (IFVCNS), 2015. 188 p.
- 25.Коломієць Є. В., Бойко А. І. Стан і перспективи розвитку бджільництва в Україні. *Аграрна наука та практика*. 2021. № 3. С. 98–104.

- 26.Мельничук С. А., Степаненко О. В. Взаємодія пасічників і аграріїв: шляхи узгодження інтересів. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8. С. 45–51.
- 27.Тимошенко Ю. І., Зінченко А. М. Кліматичні ризики у вирощуванні технічних культур в умовах України. *Зрошуване землеробство*. 2020. № 73. С. 128–135.
- 28.Статистичний щорічник України – 2022. Київ : Державна служба статистики України, 2023. 384 с.
- 29.Demurin Y., Tyutyunnyk V., Škorić D. Pollination biology and seed set in sunflower hybrids. *Helia*. 2014. Vol. 37. No. 60. P. 91–100.
- 30.AgroPortal.ua. Запилення соняшника і захист бджіл: сучасні виклики. URL: <https://agroportal.ua> (дата звернення: 20.1.2025).
- 31.Oğuz S., Arslan H., Kekeçoğlu M. Nectar production and bee visitation in sunflower genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*. 2018. Vol. 23. No. 1. P. 1–7.
- 32.Carreck N. L., Williams I. H. The economic value of bees in the UK. *Bee World*. 1998. Vol. 79. No. 3. P. 115–123.
- 33.Міністерство аграрної політики та продовольства України. Рекомендації щодо координації аграріїв і пасічників під час захисту посівів. Київ : Мінагро, 2023. 18 с.
- 34.Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.
- 35.Кириченко В. В., Пилипенко В. М. Живлення польових культур: наукові засади та практика. Харків : Магда, 2020. 288 с.
- 36.Демура Т. А. Вплив забезпеченості бором на продуктивність соняшника. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. № 4. С. 38–44.
- 37.Тимченко В. А., Хоменко А. П. Роль бору у формуванні врожаю соняшника. *Аграрна наука і практика*. 2022. № 2. С. 22–28.
- 38.Іващенко О. О., Коробка І. В. Динаміка гумусового стану чорноземів Лісостепу України. *Ґрунтознавство*. 2020. № 1. С. 55–63.
- 39.FAO. Status of the world's soil resources. Rome : FAO, 2017. URL: [Status of the World's Soil Resources: Main Report](#)

- 40.Струк О. М., Руденко Л. І. Агроекологічна оцінка змін родючості ґрунтів. *Бюлетень аграрної науки*. 2021. № 5. С. 20–26.
- 41.Міністерство аграрної політики та продовольства України. Аналітичний звіт з агрохімічного обстеження сільськогосподарських земель. Київ : Мінагро, 2023. 42с.
- 42.European Bank for Reconstruction and Development. Climate Risk and Adaptation in the Agricultural Sector of Ukraine. London, 2021. URL: <https://www.ebrd.com> (дата звернення: 20.01.2025).
43. Гуцаленко Л. М., Шпичак О. М. Ризики в агровиробництві: страхування і державна політика. *Економіка АПК*. 2022. № 4. С. 24–31.
- 44.Міністерство аграрної політики та продовольства України. Огляд державної підтримки аграрного сектору в 2021–2023 рр. Київ : Мінагро, 2023. 48 с.
- 45.Андрущенко С. І., Лук'яненко І. Г. Сталий розвиток у сільському господарстві: проблеми та шляхи реалізації. *Економіка та прогнозування*. 2021. № 3. С. 77–84.
- 46.Dozet B., Windsor A. J. Contemporary challenges in sunflower breeding //Proceedings of 19th Int. Sunfl. Conference, Edirne, Turkey. – 2016. – С. 11-20.
- 47.Latifundist.com. Втрати аграріїв через війну: оцінки, проблеми компенсацій, перспективи відновлення. 2023. URL: <https://latifundist.com> (дата звернення: 1.11.2025).
- 48.Центр економічного відновлення. Оцінка впливу воєнних дій на агросектор України. Київ, 2023. 32 с.
- 49.Український клуб аграрного бізнесу. Регулювання агроподатків: аналітика змін та ризики 2022–2024 рр. URL: <https://ucab.ua> (дата звернення: 20.1.2025).
- 50.Український клуб аграрного бізнесу. Огляд ринку насіння соняшника в Україні. Київ : УКАБ, 2024. 32 с.
- 51.Міністерство аграрної політики та продовольства України. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (соняшник). URL: <https://minagro.gov.ua> (дата звернення: 20.1.2025).
- 52.Dobrenkyi, O. Herbicide impact on bee pollination and yield interactions in sunflower production. *Scientific Horizons*. 2025. Issue. 28. № 11. P. 47–57. DOI:

- 10.48077/scihor11.2025.47.Добренський О.А, Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від доз страхових гербіцидів в умовах Степу України. Селекція і насінництво. 2025. № 128. С. 6–18. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347582.
- 53.Добренський О.А. Вплив різних схем застосування гербіцидів на запилення соняшнику медоносними бджолами. Агробіологія. 2025. № 2. С. 38–46. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-38-46.
- 54.Добренський О.А. Вплив різних гербіцидних систем захисту на активність медоносних бджіл та олійність насіння соняшнику. Збалансоване Природокористування. 2025. № 3. С. 143–150. DOI: 10.33730/23104678.3.2025.342537.
- 55.Dobrenkyi O.A., Avramenko S.V. Impact of planting density on sunflower yield in eastern Ukraine. Modern Engineering and Innovative Technologies. 2025. Issue 40. P185–192. DOI: 10.30890/2567–5273.2025–40–01–002.
- 56.FAO. Plant density and productivity of oil crops: field guidelines. Rome : FAO, 2021. URL: <https://www.fao.org> (дата звернення: 20.1.2025).
- 57.MDPI. Effects of post-emergence herbicides and timing on sunflower. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. No. 3. P. 1–12.
- 58.Mitkov A., Tóth T., Petean S. та ін. Efficacy and selectivity of imazamox-containing herbicides in sunflower broomrape control. *Romanian Agricultural Research*. 2019. No. 36. P. 45–52.
- 59.Jursík M., Soukup J., Holec J. та ін. Optimising Clearfield and ExpressSun technologies for Central Europe. *Plant Protection Science*. 2017. Vol. 53. No. 4. P. 207–214.
- 60.Chauvel B. Resistance of *Ambrosia artemisiifolia* to tribenuron-methyl in France. *Weed Research*. 2009. Vol. 49. P. 681–687.
- 61.Gilmore E. C. Soil-applied herbicide effectiveness in dry regions. *Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 104. P. 67–74.
- 62.DuPont. ExpressSun™ herbicide technology in sunflower: technical documentation. USA, 2011. 28 p.

- 63.Кравченко С. І. Адаптивне землеробство в умовах змін клімату. Харків : МіА, 2019. 198 с.
- 64.Corteva Agriscience. Herbicide Geliantex™: technical specification sheet. 2021. 10 p.
- 65.SuperAgronom.com. Новий гербіцид Геліантекс: технології захисту соняшнику. 2023. URL: <https://superagronom.com> (дата звернення: 20.1.2025).
- 66.European Commission; ANSES. Halauxifen–methyl (Arylex™ active): EU review report. 2020. 56 p.
- 67.Agrotorg.ua. Геліантекс – гербіцид для соняшнику: опис, дія, обмеження. URL: <https://agrotorg.ua> (дата звернення: 20.1.2025).
- 68.HRAC. Classification of herbicides by mode of action. WeedScience.org, 2023. URL: <https://hracglobal.com> (дата звернення: 20.12.2025).
- 69.Dobrenkyi O. A. Sunflower production technology. ESS Open Archive. 2025. P. 1–77. DOI: 10.22541/essoar.174835190.01046527/v1.
- 70.Український науково-дослідний інститут бджільництва ім. П. І. Прокоповича. Стан бджільництва в Україні: статистичні огляди 2010–2023 рр. Київ : УНДІБ, 2023. 36 с.
- 71.Тимченко В. А., Бойко Н. Ю. Вплив пестицидів на бджіл і продуктивність ентомофільних культур. Агроекологія. 2022. № 2. С. 58–64.
- 72.Čanak P, Mirosavljević M, Jocković M, Zorić M, Vujošević B, Stanisavljević D, Miklič V. Association among sunflower yield contributing traits in various ecological conditions. in Book of Abstracts, 12th International scientific agriculture symposium "Agrosym 2021", Jahorina, 07-10 October 2021. 2021;:236-236.
- 73.Demurin Y., Škorić D. Genetic aspects of fertility and pollination in sunflower hybrids. *Helia*. 2020. Vol. 43, No. 73. P. 12–21.
- 74.Іванов І. П., Лисенко В. О. Морфологічна привабливість суцвіть соняшника для запилювачів. *Олійні культури*. 2021. № 1. С. 34–40.
- 75.Авраменко С.В., Попов С.І., Гутянський Р.А., Жижка Н.Г., Добренський О.А., Хрістосов В.В. Базова інформація «Розроблення елементів технології вирощування соняшнику для підвищення продуктивності гібридів» (методичні вказівки). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2025. 15 с.

- 76.Sanchez–Bayo F., Goka K. Pesticide residues and bees – a risk assessment. *PLOS ONE*. 2014. Vol. 9, No. 4. DOI:10.1371/journal.pone.0094482.
- 77.Тимченко В. А., Лисенко В. О. Вплив гербіцидів на бджіл і запилення соняшника. *Олійні культури*. 2022. № 2. С. 43–48.
- 78.EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR). Scientific opinion on the effect of imazamox on bees (*Apis mellifera*). *EFSA Journal*. 2020. Vol. 18. No. 6. 6152. URL: <https://www.efsa.europa.eu> (дата звернення: 20.1.2025).
- 79.Господаренко Г. М. Гербіцидне навантаження у технологіях вирощування соняшника. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 224 с.
- 80.Добренький О. А., Авраменко С. В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від позакореневого внесення водорозчинного бору. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф., м. Харків, 20 жовт. 2025 р. Харків, 2025. С. 28–31.
- 81.Romanić R, Lužaić T, Grahovac N, Hladni N, Kravić S, Stojanović Z. Color characteristic of non-refined oils obtained by cold pressing of the seeds oils obtained from confectionary sunflower hybrids. in Book of Abstracts, 12th International scientific agriculture symposium "Agrosym 2021", Jahorina, 07-10 October 2021. 2021;366-366.
- 82.Кириченко В. В. Селекція та насінництво соняшника. Харків : Магда, 2021. 318 с.
- 83.ДСТУ 4683:2006. Насіння олійних культур. Методи визначення олійності. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 10 с.
- 84.Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Лабораторний моніторинг якості насіння соняшника за регіонами України у 2021–2023 рр. Харків : ІР НААН, 2023. 38 с.
- 85.FAO. Quality requirements and international standards for oilseeds. Rome : FAO, 2024. URL: <https://www.fao.org> (дата звернення: 20.1.2025).
- 86.Григор'єва Л. І. та ін. Почвоведение : учебник. Київ : Урожай, 2015. 328 с.
- 87.Тарасов І. І. Черноземы Украины: их свойства и использование. Харків : Основа, 2007. 356 с.

- 88.Булигін С. Ю., Балюк С. А. Агрохімічний аналіз ґрунтів. Харків : ІР НААН, 2005. 212 с.
- 89.Жекулін Д. В. Властивості чорноземів Лісостепу та їх агровикористання. Київ: Аграрна наука, 2011. 244 с.
- 90.Балюк С. А., Крупський Ю. З. Ґрунтові ресурси України. Київ : НААН, 2019. 390 с.
- 91.ДСТУ 4287:2004. Ґрунти. Визначення вмісту гумусу за Тюрінім. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
- 92.ДСТУ ISO 10390:2007. Ґрунти. Визначення рН. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.
- 93.Atlagić, J., Terzić, S. The challenges of maintaining a collection of wild sunflower (*Helianthus*) species. *Genet Resour Crop Evol*, 2016. p 1219–1236
- 94.IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (update 2015). Rome : FAO, 2015. 203 p.
- 95.Булигін С. Ю., Балюк С. А., Міхновська А. Д. та ін. Методи аналізів ґрунтів і рослин : навч. посібник. Харків, 1999. 157 с.
- 96.Пастушенко В. О. Сівозміни на Україні. Київ : Урожай, 1966. 320 с.
- 97.FAO. Black soils (Chernozems) of the world: distribution, properties and management. Rome : FAO, 2019.
- 98.Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, 1984. 680 p.
- 99.Лешук Н. В., Башкірова Н. В., Ретьман С. В. та ін. Методика фенологічних спостережень за соняшником. Методичні рекомендації з вивчення сортів і гібридів олійних культур. Київ : Інститут олійних культур, 2018. 45 с.
100. ISO 10381–1:2002. Soil quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programs. Geneva: ISO, 2002. 22 p.
101. ISO 10390:2021. Soil, sludge, and treated biowaste. Determination of pH. Geneva: ISO, 2021. 20 p.

102. ISO 14254:2001. Soil quality. Determination of exchangeable acidity in barium chloride extracts. Geneva: ISO, 2001. 18 p.
103. ISO 11260:1994. Soil quality. Determination of cation exchange capacity and exchangeable cations. Geneva: ISO, 1994. 16 p.
104. ISO 23470:2022. Soil quality. Determination of exchangeable calcium, magnesium, potassium, and sodium. Geneva: ISO, 2022. 21 p.
105. ISO 11261:1995. Soil quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method. Geneva: ISO, 1995. 14 p.
106. ISO 14255:1998. Soil quality. Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution. Geneva: ISO, 1998. 17 p.
107. ISO 11263:1994. Soil quality. Determination of phosphorus. Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution. Geneva: ISO, 1994. 14 p.
108. ASTM D515–88. Standard test methods for phosphorus in water. West Conshohocken: ASTM International, 1988. 12 p.
109. ISO 10694:1995. Soil quality. Determination of organic and total carbon after dry combustion. Geneva: ISO, 1995. 16 p.
110. ISO 22036:2008. Soil quality – Determination of trace elements in extracts of soil by ICP–AES. Geneva: ISO, 2008. 19 p.
111. ISO 17318:2015. Soil quality – Determination of soluble boron in soil extracts. Geneva: ISO, 2015. 18 p.
112. Atlagić, J., Dozet, B. and ŠKorić, D. Meiosis and Pollen Viability in *Helianthus tuberosus* L. and its Hybrids with Cultivated Sunflower. *Plant Breeding*, 1993. 111: 318-324. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1993.tb00648.x>
113. ДСТУ 4601:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
114. ДСТУ 3355–96. Продукція сільськогосподарська рослинна. Методи відбору проб у процесі карантинного огляду та експертизи. Київ: Держстандарт України, 1996. 24 с.

115. ДСТУ ISO 542:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.
116. ДСТУ 8840:2019. Насіння олійних культур. Методи визначення кольору та запаху. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2019. 20 с.
117. ДСТУ 4811:2007. Насіння олійних культур. Визначення вологості. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.
118. ДСТУ ISO 665:2008. Насіння олійних культур. Визначення вмісту води та летких речовин. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 18 с.
119. ДСТУ ISO 10565:2005. Насіння олійних культур. Одночасне визначення вмісту олії та води методом ядерного магнітного резонансу. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.
120. Мартянов В. П. Методика економічної оцінки ефективності елементів технології вирощування сільськогосподарських культур. Харків : УААН, 1997. 58 с.
121. Growth stages of mono– and dicotyledonous plants. BBCH monograph / Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Bonn, 2001. 158 p.
122. Марков І. Л. Практикум із сільськогосподарської фітопатології : посібник. Київ : Урожай, 1998. 272 с.
123. Марютін Ф. М., Білик М. О., Пантелєєв В. К. Фітопатологія : навч. посібник. Харків : Еспада, 2008. 548 с.
124. Болезни сельскохозяйственных культур / за ред. В. Ф. Пересипкіна. Київ : Урожай, 1989–1991. Т.2 : Болезни технических культур и картофеля. 1990. С. 119.
125. Трибель С. О., Стригун О. О. Захист рослин як складова продовольчої безпеки. Агробізнес сьогодні. 2013. № 22. С. 28–31.
126. Baszynski T., Henkes G., Schmidhalter U. Micronutrient management in oilseed crops: boron nutrition and its physiological role in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2021. Vol. 184. No. 2. P. 215–228. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.202100045>.
127. Fageria N. K., Baligar V. C., Jones C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2011. 586 p.

128. Kopittke P. M., Menzies N. W., Wang P. Soil and plant analytical methods for nutrient evaluation: boron assessment in arid environments. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. No. 4. P. 875–886.
129. Лобачевська О. В. Забезпеченість ґрунтів України бором та ефективність позакоренових підживлень соняшнику мікродобривами. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 6. С. 54–61.
130. Мазур В. А., Коломієць С. О. Вміст бору в ґрунтах степової зони та його вплив на формування урожайності соняшнику. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 89. С. 35–42.
131. Мельничук В. В. Особливості живлення соняшнику в умовах Східного Степу України: роль макро- та мікроелементів. *Бюлетень Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*. 2018. № 28(1). С. 45–53.
132. Shorrocks V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 193. No. 1–2. P. 121–148. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004263424756>
133. Wimmer M. A., Eichert T. Mechanisms for boron efficiency in plants—an update on boron uptake, transport, and utilization. *Plant and Soil*. 2013. Vol. 361. No. 1–2. P. 117–137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1349-9>
134. Mijangos I. та ін. Economic and environmental efficiency of herbicide use in sustainable cropping systems. *Agricultural Systems*. 2023. Vol. 210. Article 103753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023>.
135. Das T. K. та ін. Weed management cost–benefit analysis under changing input prices. *Crop Protection*. 2024. Vol. 176. Article 106325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106325>.
136. Stefanic E. та ін. Critical period of weed control in sunflower: yield and economic implications. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 12. Article 2281. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12122281>
137. Ward L. T. та ін. Neonicotinoid sunflower seed treatment, while not detected in pollen and nectar, still impacts wild bees and crop yield. *Science of the Total*

Environment. 2023. Vol. 894. Article 164816. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.16481>.

138. Brewer G. J. та ін. Quantifying bee contributions to hybrid sunflower seed traits and yield. *Journal of Apicultural Research*. 2023. Vol. 62, No. 5. P. 869–880. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2209518>.

139. Nemecek T., Huguenin-Elie O., Dubois D., Gaillard G. Life cycle assessment of agricultural production systems: A review of methodologies and applications. *Agricultural Systems*. 2011. Vol. 104. No. 6. P. 551–563. DOI: doi.org/10.1016/j.agsy.2010.10.002

140. Nia A. S. та ін. Optimization of energy use efficiency and environmental indicators in farming systems. *Cleaner Agriculture*. 2024. Vol. 1. Article 100029. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cla.2024.100029>.

141. Chmelíková L. та ін. Energy–use efficiency of organic and conventional plant production. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, No. 2. Article 456. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14020456>.

142. Aghabeygi M. та ін. Sustainable soil management practices provide additional ecosystem services. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 15672. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70726-5>

143. Zhao H. та ін. Assessing agricultural energy efficiency and carbon emissions under sustainable intensification. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 419. Article 138308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138308>

144. Khoshnevisan B. та ін. Priorities for energy efficiency measures in agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 167. Article 112730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112730>.

145. Lal R. Carbon–neutral and energy–positive sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Vol. 6. Article 860875. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.860875>.

146. Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide. *Agronomy*. 2022. 12(4): 769.

147. Grigorenko S. Sunflower market and war impact. *AgroReview*. 2024. URL: <https://agroreview.com> (дата звернення: 20.1.2025).
148. Perrot T., Gaba S. Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. *Basic and Applied Ecology*. 2019. p 75-84.
149. World Bank. *Ukraine Agriculture Sector Review*. Washington, D.C., 2023. URL: <https://www.worldbank.org> (дата звернення: 20.01.2025).
150. USDA World Agricultural Outlook Board. *World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE)*. Washington, D.C., 2025. URL: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde> (дата звернення: 20.01.2025).
151. International Grains Council. *Grain Market Report*. London, 2025. URL: <https://www.igc.int> (дата звернення: 20.01.2025).
152. Міністерство аграрної політики та продовольства України. *Оперативні дані врожаю 2024 року*. Київ : Мінагрополітики, 2024. 20 с.
153. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Каталог гібридів соняшника 2022–2024 рр. Харків : ІР НААН, 2023. 38 с.
154. Alexandra-Maria Klein, Bernhard E. Vaissière, James H. Cane et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*. 2007. 274: 303–313.
155. Jingang L., Zhongyi Q., Jin C. Effect of Planting Density on the Growth and Yield of Sunflower under Mulched Drip Irrigation. *MDPI*, 2019.
156. Добренський О. А., Авраменко С. В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти рослин в умовах посушливого 2024 року. Сучасні технології в рослинництві : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет конф., м. Харків, 27–28 листоп. 2024 р. Харків, 2024. С. 56–59.
157. Авраменко С.В., Попов С.І., Гутянський Р.А., Жижка Н.Г., Добренський О.А., Хрістосов В.В. Базова інформація «Розроблення елементів технології вирощування соняшнику для підвищення продуктивності гібридів» (методичні вказівки). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2025. 15 с.

158. Колупаєв Ю. Є. Основи фізіології стійкості рослин: курс лекцій.- Харків, 2010. 121 с.
159. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин (молекулярно-клітинний рівень). Харків: ХДУ. 2001.
160. Колупаєв Ю.Е, Трунова Т.И. Особенности метаболизма и защитные функции углеводов растений в условиях стрессов. *Физиол. и биохимия культ. раст.* 1992;24(6):523-30.
161. Колупаєв Ю.Е, Трунова Т.И. Роль сигнальных посредников и стрессовых гормонов в регуляции антиоксидантной системы растений. . *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. №. 6. С. 463–481.
162. Avestan S., Ghorbanpour M., Amini S. Boron mitigates drought-induced oxidative stress in sunflower by enhancing antioxidant enzyme activities. *Journal of Plant Nutrition*. 2021. Vol. 44. No. 12. P. 1801–1814.
163. Kaya C., Ashraf M., Alyemeni M. N., Ahmad P. Exogenous boron improves sunflower tolerance to drought stress by modulating antioxidant defense and osmotic adjustment. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 150. P. 132–141.
164. Darvishzadeh R., Pirzad A., Khanjani A. Boron nutrition enhances pollen viability and seed set in sunflower under water deficit. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 286.
165. Kheir A. M. S., El-Metwally I. M., Alharby H. F. Boron foliar spraying improves seed filling, oil content, and assimilate translocation efficiency in sunflower. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, No. 3. Article 645.
166. Shahrokhi M., Khoshvaghti H., Fatahi R. Boron enhances photosystem II efficiency and membrane stability under heat and drought conditions. *Photosynthetica*. 2023. Vol. 61. No. 2. P. 234–245.
167. Kumari A., Verma R., Singh V. Boron regulates Ca^{2+} –NO–ROS signaling pathways and enhances stress tolerance in dicot crops. *Plant Stress*. 2023. Vol. 8.
168. Hladni N., Jocić S., Miklič V., Dušanić N. Influence of environmental conditions on sunflower head diameter and yield components. *Helia*. 2011. Vol. 34. No. 54. P. 55–66.

169. Jocić S., Miladinović D., Kaya Y. Breeding and genetics of sunflower. *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. Urbana : AOCS Press, 2015. P. 1–25.
170. Vasilev A., Ilieva A., Ivanova A. Effect of herbicides on growth and productivity of sunflower hybrids under different climatic conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 24, No. 2. P. 246–252.
171. Kaya Y., Jocić S., Miladinović D. Sunflower breeding for drought tolerance. *Plant Breeding Reviews*. 2019. Vol. 42. P. 155–198. DOI: 10.1002/9781119616801.ch5.
172. Li Y., Zhang H., Chen F., Wang Z. Herbicide stress effects on sunflower morphology and yield formation under field conditions. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 235. P. 12–20. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.02.006.
173. Amarilla L., Basualdo J., González V. Combined effects of drought and herbicide stress on sunflower yield components in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*. 2025. Vol. 278. Article 108156. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108156.
174. Kumar R., Singh M., Patel N. Interaction of chemical and water stress on growth and reproductive traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Stress Physiology*. 2020. Vol. 6. P. 45–52.
175. Connor D. J., Hall A. J., Sadras V. O. Effect of water deficits on sunflower growth and yield formation. *Field Crops Research*. 1997. Vol. 53. P. 3–16.
176. Mota L., Lourero J., Gonzales J. Optimizing sunflower yield: Understanding pollinator contribution to inform agri-environmental strategies. *Field crop research*. 2024. V. 319. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109651>.
177. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. Plant physiology and development. 6th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2015. 761 p.
178. Connor D. J., Hall A. J., Sadras V. O. Effect of water deficits on sunflower growth and yield formation. *Field Crops Research*. 1997. Vol. 53. P. 3–16.

179. Rondanini D. P., Savin R., Hall A. J. Estimation of oil concentration in sunflower seeds: source–sink relationships and environmental effects. *Field Crops Research*. 2006. Vol. 96. P. 1–10.
180. Badouin, H., Gouzy, J., Grassa, C. The sunflower genome provides insights into oil metabolism, flowering and Asterid evolution. *Nature*, 2017. Vol. **546**, 148–152. <https://doi.org/10.1038/nature22380>
181. Villalobos F. J., Sadras V. O., Soriano A., Fereres E. Planting density effects on dry matter partitioning and yield of sunflower. *Field Crops Research*. 1994. Vol. 36.
182. Barros J. F. C., de Carvalho M., Basch G. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*. 2004. Vol. 21. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.10.005>
183. Ion V., Dicu G., Basa A. G., Dumbrava M., Temocico G., Epure L.–I., State D. Sunflower yield and yield components under different sowing conditions. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 77. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036>
184. Li J., Li Y., Wan S. та ін. Planting density: sunflower growth and yield under drip irrigation. *Water*. 2019. Vol. 11, No. 4. Article 752. <https://doi.org/10.3390/w11040752>
185. Holt N. W., Campbell D. C. Effect of plant density on the agronomic performance of sunflower cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*. 1984. Vol. 64.
186. Olson N. A. Canopy closure, yield, and quality under heterogeneous plant density. *Agronomy Journal*. 2024. <https://doi.org/10.1002%2Fagj2.21655>
187. Dušanić N., Miklič V., Jocić S. та ін. Path coefficient analysis of some yield components of sunflower. *Proceedings of the 16th International Sunflower Conference*. Fargo, 2004–2005. P. 531–537.
188. Sadras V. O., Calderini D. F. (Eds.). *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. 2nd ed. San Diego : Academic Press, 2015. 592 p.
189. Oerke E.–C. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144. P. 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>

190. Hay R. K. M., Porter J. R. The Physiology of Crop Yield. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 314 p.
191. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. Чинний від 2010-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.
192. Примекстра TZ Голд 500 SC – ґрунтовий гербіцид компанії «Сингента» : веб-сайт. URL: <https://www.syngenta.ua/product/crop-protection/primekstra-tz-gold-500-sc-k-s> (дата звернення: 1.10.2026).
193. Яструб – неселективний гербіцид компанії «Монсанто» : веб-сайт. URL: <https://spectr-agro.com/yastrub-1784.html> (дата звернення: 1.10.2026).
194. Екліпс – ґрунтовий гербіцид компанії «Nufarm» : веб-сайт. URL: <https://nufarm.com/ua/product/eklips/> (дата звернення: 1.10.2026).
195. Філдер – ґрунтовий гербіцид компанії «Nufarm» : веб-сайт. URL: <https://nufarm.com/ua/product/fielder/> (дата звернення: 1.10.2026).
196. Геліантекс – післясходовий гербіцид компанії «Corteva» : веб-сайт. URL: <https://www.corteva.com/ua/products-and-solutions/crop-protection/heliantex.html> (дата звернення: 1.10.2026).
197. Стелс – ґрунтовий гербіцид компанії «Укравіт» : веб-сайт. URL: <https://www.ukravit.ua/stels/> (дата звернення: 1.10.2026).
198. Челендж – гербіцид компанії «Bayer»: веб-сайт. URL: <https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Herbicides/Challenge> (дата звернення: 1.10.2026).
199. Пульсар Флекс – післясходовий гербіцид компанії «БАСФ» : веб-сайт. URL: https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/CLP_CL_Brochure_2021.pdf (дата звернення: 1.10.2026).
200. Спектрум Борон 150 – рідке борвмісне мікродобриво для позакореневого внесення компанії «Спектрум» : веб-сайт. URL: <https://spectr-agro.com/spektrum-boron-150-546.html> (дата звернення: 1.10.2026).
201. С. І. Мельник, Л. М. Присяжнюк, С. М. Гринів. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність для поширення в Україні (загальна частина)/ Український інститут експертизи сортів рослин; за ред. Вінниця : ТВОРИ, 2024. 83 с.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Середньодобова температура за період досліджень.

Метеостанція Дніпровського аеропорту, °С, 2022–2024 рр.

Рік	Місяць	I декада	II декада	III декада	Середньомісячна
2022	Квітень	9,6	11,8	13,9	11,8
	Травень	14,5	16,4	18,3	16,4
	Червень	20,4	21,6	22,8	21,6
	Липень	23,1	24,3	25,5	24,3
	Серпень	22,6	23,8	25,0	23,8
	Вересень	18,5	17,2	15,9	17,2
2023	Квітень	10,8	12,0	13,2	12,0
	Травень	15,8	17,2	18,6	17,2
	Червень	21,0	22,0	23,0	22,0
	Липень	23,8	25,0	26,2	25,0
	Серпень	23,3	24,5	25,7	24,5
	Вересень	19,2	18,0	16,8	18,0
2024	Квітень	13,8	15,5	17,2	15,5
	Травень	15,0	16,4	17,8	16,4
	Червень	22,0	23,2	24,4	23,2
	Липень	25,4	26,6	27,8	26,6
	Серпень	23,4	24,6	25,8	24,6
	Вересень	22,3	21,0	19,7	21,0

Додаток А.2

Середньобагаторічна температура повітря по декадах. Метеостанція

Дніпровського аеропорту, °С, 1930–2024 рр.

Місяць	I декада	II декада	III декада	Середньомісячна
Квітень	10,5	11,8	13,1	11,8
Травень	15,1	16,4	17,7	16,4
Червень	19,0	20,2	21,4	20,2
Липень	21,2	22,4	23,6	22,4
Серпень	20,4	21,6	22,8	21,6
Вересень	15,0	16,2	17,4	16,2
Середнє за вегетацію	16,9	18,1	19,3	18,1

Додаток А.3

Сума опадів за період досліджень.

Метеостанція Дніпровського аеропорту, мм, 2022–2024 рр.

Рік	Місяць	I декада	II декада	III декада	Місячна сума
2022	Квітень	13,6	15,9	15,8	45,3
	Травень	5,7	6,7	6,6	19,0
	Червень	8,7	10,2	10,1	29,0
	Липень	10,5	12,3	12,2	35,0
	Серпень	13,8	16,1	16,1	46,0
	Вересень	10,5	12,3	12,2	35,0
2023	Квітень	30,6	35,7	35,7	102,0
	Травень	8,7	10,2	10,1	29,0
	Червень	8,7	10,2	10,1	29,0
	Липень	12,6	14,7	14,7	42,0
	Серпень	9,0	10,5	10,5	30,0
	Вересень	4,2	4,9	4,9	14,0
2024	Квітень	4,2	4,9	4,9	14,0
	Травень	3,6	4,2	4,2	12,0
	Червень	8,7	10,2	10,1	29,0
	Липень	13,2	15,4	15,4	44,0
	Серпень	0,5	0,6	0,5	1,6
	Вересень	3,3	3,9	3,8	11,0

Додаток А.4

Середньобогаторічна кількість опадів за декадами. Метеостанція

Дніпровського аеропорту, мм, 1930–2024 рр.

Місяць	I декада	II декада	III декада	Місячна сума
Квітень	13,5	15,8	15,7	45,0
Травень	8,7	10,1	10,2	29,0
Червень	10,2	11,9	11,9	34,0
Липень	12,6	14,7	14,7	42,0
Серпень	13,5	15,7	15,8	45,0
Вересень	11,4	13,3	13,3	38,0
Сума за вегетацію	70,0	81,5	81,6	233,0

Додаток А.5

Середньодобова температура за період досліджень.**Метеостанція м. Лозова, °С, 2022–2024 рр.**

Рік	Місяць	I декада	II декада	III декада	Місячна сума
2022	Квітень	7,2	6,5	7,9	21,6
	Травень	4,3	4,2	4,4	12,9
	Червень	7,1	7,2	7,0	21,3
	Липень	8,8	9,0	8,9	26,7
	Серпень	11,8	12,5	12,8	37,1
	Вересень	6,0	6,6	6,6	19,2
2023	Квітень	28,3	29,0	29,7	87,0
	Травень	11,2	11,9	12,0	35,1
	Червень	8,3	9,1	8,9	26,3
	Липень	6,2	6,6	6,8	19,6
	Серпень	8,2	8,3	8,3	24,8
	Вересень	5,0	5,3	5,4	15,7
2024	Квітень	6,3	6,5	6,3	19,1
	Травень	2,3	2,6	2,6	7,5
	Червень	7,9	8,3	8,4	24,6
	Липень	12,5	12,6	12,4	37,5
	Серпень	0,3	0,3	0,3	0,9
	Вересень	3,8	4,1	4,2	12,1

Додаток А.6

Середньобогаторічна температура повітря за декадами.**Метеостанція м. Лозова, °С, 1930–2024 рр.**

Місяць	I декада	II декада	III декада	Середньомісячна
Квітень	10,3	11,5	13,0	12,1
Травень	15,0	16,1	16,6	15,9
Червень	19,3	20,4	20,6	20,1
Липень	21,6	22,8	23,7	22,7
Серпень	22,5	23,2	23,6	23,1
Вересень	18,8	19,5	19,9	19,4
Середнє за вегетацію	17,9	18,9	19,6	18,88

Додаток А.7

Сума опадів за період досліджень.

Метеостанція м. Лозова, мм, 2022–2024 рр.

Рік	Місяць	I декада	II декада	III декада	Місячна сума
2022	Квітень	7,2	6,5	7,9	21,6
	Травень	4,3	4,2	4,4	12,9
	Червень	7,1	7,2	7,0	21,3
	Липень	8,8	9,0	8,9	26,7
	Серпень	11,8	12,5	12,8	37,1
	Вересень	6,0	6,6	6,6	19,2
2023	Квітень	28,3	29,0	29,7	87,0
	Травень	11,2	11,9	12,0	35,1
	Червень	8,3	9,1	8,9	26,3
	Липень	6,2	6,6	6,8	19,6
	Серпень	8,2	8,3	8,3	24,8
	Вересень	5,0	5,3	5,4	15,7
2024	Квітень	6,3	6,5	6,3	19,1
	Травень	2,3	2,6	2,6	7,5
	Червень	7,9	8,3	8,4	24,6
	Липень	12,5	12,6	12,4	37,5
	Серпень	0,3	0,3	0,3	0,9
	Вересень	3,8	4,1	4,2	12,1

Додаток А.8

Середньобогаторічна кількість опадів за декадами.

Метеостанція м. Лозова, мм, 1930–2024 рр.

Місяць	I декада	II декада	III декада	Місячна сума
Квітень	14,3	14,5	14,3	43,1
Травень	6,0	6,1	5,8	17,9
Червень	8,3	8,5	8,4	25,2
Липень	10,2	10,5	10,4	31,1
Серпень	7,3	7,5	7,5	22,3
Вересень	5,0	5,1	5,0	15,1
Сума за вегетацію	51,1	52,2	51,4	154,7

Додаток Б.1

Результат агрохімічного аналізу ґрунту перед сівбою. Харківська обл.,
Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ «Лозівський АПТС», 2022р.

STUKENHOLTZ LABORATORY, INC.

2924 Addison Avenue East, P.O. Box 353 Twin Falls, ID 83301

3003

208-734-3050 Fax: 208-734-3919 www.stukenholtz.com

KRUCKEBERG/LENNARD
3250 HORNACHER RD
AMERICAN FALLS, ID 83211

Tel:

Report No: 13920

Date Received: 12/14/2021

Date Reported: 12/15/2021

<u>SOIL TEST DATA</u>	<u>Sample 1</u>	<u>Sample 2</u>		<u>Sample 1</u>	<u>Sample 2</u>
pH	7.9	M	Grower	KWS AG	
Salts, mmhos/cm	0.4	VL	Sample Identity	LOZOVA	
Chlorides, ppm	14	L	Crop	SUNFLOWER	
Sodium, meq/100g	0.10	VL	Yield Goal	2 T/AC	
CEC, meq/100g	30.5	H	Acres	38	
Excess Lime, %	0.0	VL	Prev Crop T/Acre	WINTER WHEAT	
Organic Matter, %	5.52	M	Manure T/Acre		
Organic N, lb/Acre	135	H	Prev Applied Nut		
Ammonium - N, ppm	6.0	L	<u>RECOMMENDATIONS, lbs Nutrients or Units per Acre</u>		
Nitrate - N, ppm	6.5	L	Nitrogen	40	
Phosphorus, ppm	23	M	P ₂ O ₅ - Phosphate	60	
Potassium, ppm	147	M	K ₂ O - Potash	110	
Calcium, meq/100g	3.6	L	Calcium	0	
Magnesium, meq/100g	1.0	VL	Magnesium	0	
Sulfate - S, ppm	7	L	Sulfate - Sulfur	40	
Zinc, ppm	1.3	M	Zinc	2	
Iron, ppm	26.6	H	Iron	0	
Manganese, ppm	9.1	H	Manganese	0	
Copper, ppm	1.0	M	Copper	0	
Boron, ppm	0.61	M	Boron	1.0	
			Elemental Sulfur	0	
			Gypsum	0	
			Lime	0	
<u>Base Saturation, %</u>			<u>Relation of CEC to Soil Texture</u>		
Potassium (Ideal 3 - 6)	6.2	H	0-5 Sand	18-24 Silt Loam	
Calcium (Ideal 65 - 80)	65.5	M	5-12 Loamy Sand	24-36 Clay Loam	
Magnesium (Ideal 15 - 25)	18.2	M	12-18 Sandy Loam	36+ Clay	
Sodium (Ideal < 3)	1.8	M			

Comments

Crop / Yield 1 Add extra N in the water according to plant tissue tests.

Додаток Б.2

Результат агрохімічного аналізу ґрунту перед сівбою дослідю. Харківська обл., Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ “Лозівський АПТС”, 2023р.

STUKENHOLTZ LABORATORY, INC.

2924 Addison Avenue East, P.O. Box 353 Twin Falls, ID 83301

3003

208-734-3050 Fax: 208-734-3919 www.stukenholtz.com

KRUCKEBERG/LENNARD
3250 HORNBACKER RD
AMERICAN FALLS, ID 83211

Tel:
Report No: 6743
Date Received: 3/5/2023
Date Reported: 3/8/2023

<u>SOIL TEST DATA</u>	<u>Sample 1</u>	<u>Sample 2</u>		<u>Sample 1</u>	<u>Sample 2</u>
pH	7.5	M	Grower	KWS	
Salts, mmhos/cm	0.3	VL	Sample Identity	LOZOVA	
Chlorides, ppm	15	L	Crop	SUNFLOWER	
Sodium, meq/100g	0.10	VL	Yield Goal	2 T/AC	
CEC, meq/100g	26.6	M	Acres	30.9	
Excess Lime, %	0.0	VL	Prev Crop T/Acre	WINTER WHEAT	
Organic Matter, %	6.12	H	Manure T/Acre		
Organic N, lb/Acre	120	H	Prev Applied Nut		
Ammonium - N, ppm	9.0	L	<u>RECOMMENDATIONS, lbs Nutrients or Units per Acre</u>		
Nitrate - N, ppm	5	VL	Nitrogen	40	
Phosphorus, ppm	14	M	P ₂ O ₅ - Phosphate	40	
Potassium, ppm	201	M	K ₂ O - Potash	75	
Calcium, meq/100g	5.6	L	Calcium	0	
Magnesium, meq/100g	2.8	M	Magnesium	0	
Sulfate - S, ppm	3	VL	Sulfate - Sulfur	30	
Zinc, ppm	2.0	M	Zinc	0	
Iron, ppm	36.0	H	Iron	0	
Manganese, ppm	10.6	VH	Manganese	0	
Copper, ppm	2.5	H	Copper	0	
Boron, ppm	0.73	M	Boron	1.5	
			Elemental Sulfur	0	
			Gypsum	0	
			Lime	0	
<u>Base Saturation, %</u>			<u>Relation of CEC to Soil Texture</u>		
Potassium (Ideal 3 - 6)	6.7	H	0-5 Sand	18-24 Silt Loam	
Calcium (Ideal 65 - 80)	58.3	L	5-12 Loamy Sand	24-36 Clay Loam	
Magnesium (Ideal 15 - 25)	29.2	H	12-18 Sandy Loam	36+ Clay	
Sodium (Ideal < 3)	1.0	M			

Додаток Б.3

Результат агрохімічного аналізу ґрунту перед сівбою досліджу) Харківська обл.,
Лозівський р-н, с. Нова Іванівка, ТОВ «Лозівський АПТС», 2024 р

STUKENHOLTZ LABORATORY, INC.

3003

KRUCKEBERG/LENNARD
3250 HORNBACKER RD
AMERICAN FALLS, ID 83211

2924 Addison Avenue East, P.O. Box 353 Twin Falls, ID 83301

208-734-3050 Fax: 208-734-3919 www.stukenholtz.com

Tel:

Report No: 135969

Date Received: 10/14/2023

Date Reported: 10/15/2023

SOIL TEST DATA	Sample 1	Sample 2		Sample 1	Sample 2
pH	7.7	M	Grower	KWS	
Salts, mmhos/cm	0.7	L	Sample Identity	LOZOVA	
Chlorides, ppm	9	VL	Crop	SUNFLOWER	
Sodium, meq/100g	0.10	VL	Yield Goal	2 T/AC	
CEC, meq/100g	26.3	M	Acres	30.9	
Excess Lime, %	0.0	VL	Prev Crop T/Acre	WINTER WHEAT	
Organic Matter, %	6.28	H	Manure T/Acre		
Organic N, lb/Acre	50	M	Prev Applied Nut		
Ammonium - N, ppm	8.9	L	RECOMMENDATIONS, lbs Nutrients or Units per Acre		
Nitrate - N, ppm	15	M	Nitrogen	40	
Phosphorus, ppm	22	M	P ₂ O ₅ -Phosphate	40	
Potassium, ppm	126	L	K ₂ O - Potash	110	
Calcium, meq/100g	3.4	L	Calcium	0	
Magnesium, meq/100g	0.9	VL	Magnesium	10	
Sulfate - S, ppm	12	M	Sulfate - Sulfur	60	
Zinc, ppm	4.6	VH	Zinc	0	
Iron, ppm	15.4	H	Iron	0	
Manganese, ppm	7.3	H	Manganese	0	
Copper, ppm	2.2	H	Copper	0	
Boron, ppm	0.27	L	Boron	3.0	
			Elemental Sulfur	0	
			Gypsum	0	
			Lime	0	
Base Saturation, %			Relation of CEC to Soil Texture		
Potassium (Ideal 3 - 6)	7.6	H	0-5 Sand	18-24 Silt Loam	
Calcium (Ideal 65 - 80)	64.2	L	5-12 Loamy Sand	24-36 Clay Loam	
Magnesium (Ideal 15 - 25)	17.0	M	12-18 Sandy Loam	36+ Clay	
Sodium (Ideal < 3)	1.9	M			

Додаток Б.4

Результати кореляційного та регресійного аналізу показників продуктивності
соняшнику, 2022–2024 рр.

Показник	Активність бджіл	Діаметр кошика	Кількість насінин	Маса 1000 насінин	Урожайність
Активність бджіл	1,00	0,72	0,88	0,65	0,95
Діаметр кошика	0,72	1,00	0,81	0,58	0,76
Кількість насінин	0,88	0,81	1,00	0,54	0,89
Маса 1000 насінин	0,65	0,58	0,54	1,00	0,71
Урожайність	0,95	0,76	0,89	0,71	1,00

Додаток Б.5

Коефіцієнти детермінації (R^2) факторів формування урожайності соняшнику

Фактор	R^2	Частка впливу, %
Активність бджіл	0,90	90
Кількість насінин	0,79	79
Діаметр кошика	0,58	58
Маса 1000 насінин	0,50	50

Додаток Б.6

Рівень статистичної значущості впливу факторів на урожайність соняшнику
(p-value)

Фактор	p-value	Рівень значущості
Активність бджіл	$p < 0,001$	високодостовірно
Кількість насінин	$p < 0,01$	достовірно
Діаметр кошика	$p < 0,05$	достовірно
Маса 1000 насінин	$p < 0,05$	достовірно

Додаток Б.7

Оцінювання стійкості рослин після застосування гербіциду

Бал	Опис
1	100% мертві рослини
2	більше 11 % мертвих рослин
3	до 10 % мертвих рослин. Некротичні плями на стеблі відсутні .
4	декілька мертвих рослин некротичні плями на стеблі відсутні
5	25 % зменшення висоти рослин
6	15 % зменшення висоти рослин
7	яскраво-жовті плями, що зникають через декілька днів
8	блідо-жовті плями, що швидко зникають
9	Пошкодження відсутні

Додаток Б.8

Протокол випробування на рухомі сполуки бору. Лабораторія УКРАВИТ



**Ukravit
Institute**



202141
Випробування

для документів підприємства

СЕРВІСНО-АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР ВСП ТОВ "УКРАВИТ САЙЕНС ПАРК" "ІНСТИТУТ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН"
18000, м. Черкаси, вул. Мукана лейтенанта 9, 11/1 Тел.: +38 (063) 4788858, +38 (063) 4787641, +38 (063) 4788827
Email: institute-roslyn@ukravit.ua Сайт: <https://cropcare.institute/>

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ

№ 03408 - 03410 - 26 - N від 3 квітня 2026 р.

Назва та адреса замовника: ТОВ "УКРАВИТ САЙЕНС ПАРК", УКРАЇНА, 18028, Черкаська область, м. Черкаси, вул. Мукана лейтенанта, будинок, 9, 11/1

Супровідні документи: Заявка № УПЦБ-000849 від 26 березня 2026 р.
Службова записка б/н Сальніков С. від 26.03.2026

Регістраційний номер(-и) та ідентифікація зразка(-ів) згідно супровідної документації замовника:

03408 - 26 - N - Група, зразок №1

03409 - 26 - N - Група, зразок №2

03410 - 26 - N - Група, зразок №3

Стан зразка(-ів): придатні для проведення випробувань. Зразки надійшли у промаркованій пластиків тарі. Тара не опломбована, без пошкоджень.

Інформація щодо відбирання зразка(-ів): зразки відібрано замовником

Дата одержання зразка(-ів) для випробувань: 26 березня 2026 р.

Дата(-и) проведення випробувань: 26 березня 2026 р. - 3 квітня 2026 р.

Місце проведення випробування: Дільниця №1: 18000 м. Черкаси, проїзд Енергобудівельників, 10

Результати випробувань:

Назва показника, одиниці вимірювання	Результат випробувань	Норми згідно НД (дані для інформації)	Позначення НД на метод випробування
03408 - 26 - N, Група, зразок №1			
Рухомі сполуки бору, мг/кг	4,5	менше 0,3 низький; 0,3-0,5 - середній; 0,5-2,5 - високий; більше 2,5 - дуже високий	ISO 22036:2024, MBБ ГОСТ Р 50688-94 п.6.1
03409 - 26 - N, Група, зразок №2			
Рухомі сполуки бору, мг/кг	6,3	менше 0,3 низький; 0,3-0,5 - середній; 0,5-2,5 - високий; більше 2,5 - дуже високий	ISO 22036:2024, MBБ ГОСТ Р 50688-94 п.6.1
03410 - 26 - N, Група, зразок №3			
Рухомі сполуки бору, мг/кг	3,2	менше 0,3 низький; 0,3-0,5 - середній; 0,5-2,5 - високий; більше 2,5 - дуже високий	ISO 22036:2024, MBБ ГОСТ Р 50688-94 п.6.1

Додаткова інформація:

результати дослідження надані на повітряно-сухий стан зразків.

Норми надано згідно:

Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. К.: 2018

Розширена невизначеність вимірювання – це фактичне значення, виражене в одиницях вимірюваної величини, отримане шляхом множення стандартних невизначеностей на фактор покриття k=2, що передбачає нормальний розподіл невизначеності і приблизно відповідає 95% ймовірності покриття.

Відповідальний за формування протоколу

Юлія ТАМАЗ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник сервісно-аналітичного центру

Ірина ПОСПАСІЄНКО

Кінець протоколу.

ДОДАТОК В.1

**Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Білоба
залежно від гербіцидної технології та привабливості для бджіл,
2022–2024 рр.**

Гербіцидна технологія	Урожайність, т/га	Дохід, грн/га	Загальні витрати, грн/га	Собівартість 1 т, грн/т	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Δ прибутку до контролю, грн/га	Індекс привабливості бджіл (0–1)
Контроль	3,76	45 120	13 280	3 532	31 840	240	0	1,00
Примекстра + Яструб	3,30	39 600	15 200	4 606	24 400	161	-7 440	0,85
Екліпс + Філдс	3,17	38 040	14 735	4 648	23 305	158	-8 535	0,95
Пульсар Флекс	3,03	36 360	14 465	4 774	21 895	151	-9 945	0,88
Стелс	2,99	35 880	13 495	4 514	22 385	166	-9 455	0,90
Челенж	2,93	35 160	13 615	4 647	21 545	158	-10 295	0,85
Геліантекс	2,45	29 400	14 975	6 112	14 425	96	-17 415	0,80

Додаток В.2

**Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Неома залежно
від гербіцидної технології та привабливості для бджіл, 2022–2024 рр.**

Технологія	Урожайність, т/га	Дохід, грн/га	Загальні витрати, грн/га	Собівартість 1 т, грн/т	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Δ прибутку, грн/га	Індекс привабливості бджіл (0–1)
Контроль	4,03	48 360	16 200	4 019	32 160	199	0	4,03
Екліпс+ Філдс	3,83	45 960	17 200	4 491	28 760	167	-3 400	3,83
Примекстра+ Яструб	3,66	43 920	17 400	4 754	26 520	152	-5 640	3,66
Пульсар Флекс	3,39	40 680	16 800	4 956	23 880	142	-8 280	3,39
Стелс	3,34	40 080	16 500	4 940	23 580	143	-8 580	3,34
Челенж	3,24	38 880	16 400	5 062	22 480	137	-9 680	3,24
Геліантекс	3,14	37 680	16 900	5 382	20 780	123	-11 380	3,14

Додаток В.3

**Економічна ефективність вирощування гібриду соняшнику Сувекс
залежно від гербіцидної технології та привабливості для бджіл,
2022–2024 рр.**

Гербіцидна технологія	Урожайність, т/га	Дохід, грн/га	Витрати, грн/га	Собівартість 1 т, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Δ прибутку до контролю, грн/га	Індекс привабливості бджіл (0–1)
Контроль	3,73	44 760	16 238	4 353	28 522	176	0	1,00
Екліпс+Філдер	3,61	43 320	17 146	4 750	26 174	153	-2 348	0,95
Стелс	3,45	41 400	16 487	4 778	24 913	151	-3 609	0,90
Примекстра + Яструб	3,52	42 240	17 263	4 904	24 977	145	-3 545	0,85
Челенж	3,06	36 720	16 184	5 291	20 536	127	-7 986	0,85
Геліантекс	2,87	34 440	16 563	5 772	17 877	108	-10 645	0,80
Гранстар	3,29	39 480	16 120	4 902	23 360	145	-5 162	0,95

Додаток В.4

**Економічна ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно
від різної густоти соняшнику на момент збирання, 2022–2024 рр.**

Густота, тис. росл./га	Гібрид	Урожайність, т/га	Дохід, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість 1 т, грн	Рентабельність, %	Δ до контролю, грн/га
35	Білоба	3,10	37 200	10 565	26 635	3 408	252	+217
	Дакстон	2,78	33 360	10 202	23 158	3 671	227	-1 190
40	Білоба	3,36	40 320	10 994	29 326	3 272	267	+2 908
	Дакстон	3,03	36 360	10 632	25 728	3 511	242	+1 380
45	Білоба	3,57	42 840	11 403	31 437	3 194	276	+5 019
	Дакстон	2,98	35 760	10 942	24 818	3 671	227	+470
50	Білоба	3,48	41 760	11 692	30 068	3 360	257	+3 650
	Дакстон	3,01	36 120	11 286	24 834	3 749	220	+486
55	Білоба	3,57	42 840	12 053	30 787	3 376	255	+4 369
	Дакстон	3,16	37 920	11 674	26 246	3 694	225	+1 898
60 (контроль)	Білоба	3,23	38 760	12 342	26 418	3 821	214	0
	Дакстон	3,02	36 240	11 892	24 348	3 939	205	0
65	Білоба	3,05	36 600	12 495	24 105	4 097	193	-2 313
	Дакстон	2,71	32 520	12 056	20 464	4 449	170	-3 884

ДОДАТОК В.5

**Економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від
різних норм страхових гербіцидів, 2022–2024 рр.**

Гербіцид	Доза, л/га	Гібрид	Урожай- ність, т/га	Дохід, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собіварті- сть 1 т, грн	Рентабе- ль- ність, %	Δ до контролю, грн
Контроль	–	Неома	3,71	44 520	15 850	28 670	4 272	181	0
		Білоба	3,37	40 440	16 200	24 240	4 807	150	0
Геліантекс	0,045	Неома	3,20	38 400	17 050	21 350	5 328	125	-7 320
		Білоба	2,73	32 760	17 400	15 360	6 374	88	-8 880
	0,065	Неома	3,02	36 240	17 250	18 990	5 712	110	-9 680
		Білоба	2,52	30 240	17 600	12 640	6 984	72	-11 600
	0,09	Неома	2,81	33 720	17 450	16 270	6 210	93	-12 400
		Білоба	2,09	25 080	17 800	7 280	8 517	41	-16 960
Пульсар Флекс	1,6	Неома	3,53	42 360	17 850	24 510	5 057	137	-4 160
		Білоба	3,54	42 480	18 200	24 280	5 141	133	+40
	2,4	Неома	3,47	41 640	18 250	23 390	5 259	128	-5 280
		Білоба	3,18	38 160	18 600	19 560	5 849	105	-4 680
	3,2	Неома	3,14	37 680	18 650	19 030	5 939	102	-9 640
		Білоба	3,29	39 480	19 000	20 480	5 775	108	-3 760

ДОДАТОК В.6

**Економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від
застосування водорозчинного бору, 2022–2024 рр.**

Варіант	Фаза	Гібрид	Урожай- ність, т/га	Дохід, грн/га	Витрати, грн/га	Прибуто- к, грн/га	Собіварті- ість 1 т, грн	Рентаб- ель- ність, %	Δ до контролю, грн
Контроль	–	Білоба	4,37	52 440	15 938	36 502	3 647	229	0
		Сувекс	4,22	50 640	15 742	34 898	3 731	222	0
1,5 л/га	V8–	Білоба	4,01	48 120	17 463	30 657	4 354	176	-5 845
		Сувекс	4,14	49 680	17 589	32 091	4 248	182	-2 807
	R1–R2	Білоба	4,34	52 080	17 612	34 468	4 056	196	-2 034
		Сувекс	3,98	47 760	17 438	30 322	4 381	174	-4 576
	V8+R1	Білоба	3,92	47 040	18 318	28 722	4 672	157	-7 780
		Сувекс	4,02	48 240	18 364	29 876	4 568	163	-5 022
3 л/га	V8–V10	Білоба	3,77	45 240	18 826	26 414	4 996	140	-10 088
		Сувекс	4,02	48 240	18 963	29 277	4 717	154	-5 621
	R1–R2	Білоба	3,70	44 400	18 873	25 527	5 101	135	-10 975
		Сувекс	4,07	48 840	19 058	29 782	4 682	156	-5 116
	V8 + R1	Білоба	3,62	43 440	19 517	23 923	5 392	123	-12 579
		Сувекс	3,54	42 480	19 468	23 012	5 498	118	-11 886

Додаток Г.1



СпектрTM

БОРОН 150

Добриво для позакореневого підживлення
BORON 150



Містить: 150 г/л етмленаміну бору
Формуляція: водний розчин

«Спектр» - зареєстрована торгова марка ТОВ «Спектр-Агро»
(свідство на знаки для товарів і послуг №13907).

Виробник: FMC Agro Ltd
Beckton Lane
Pentle
Hertford
Great Britain
SG5 2DH
Tel: +44(0) 1244537370

Дистрибутор:
ТОВ «СПЕКТР-АГРО»
Адреса: 06700, Київська обл.,
м. Обухів, вул. Промислова, 20
Телефон: (044) 520-94-30
Факс: (044) 520-94-32
E-mail: agro@spectr-ago.com

20л



Спектр



13907703 2311201

Додаток Д.2

Затверджую:

Генеральний директор

СТОВ «Лан»

Байрачний С.Ф.

«16» Жовтня 2024 р.

АКТ

виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки

Комісія у складі представника СТОВ «Лан» Валківського району Харківської обл. — генерального директора Байрачного С.Ф., з одного боку, та аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва — Добренького О.А., з другого боку, склали даний акт про виробничу перевірку (впровадження) закінченої наукової розробки на тему: «Підвищення врожайності соняшнику за різних технологій вирощування» (сівба гібриду Білоба КЛП з нормою висіву 50 тис. шт./га схожих насінин за температури ґрунту на глибині загортання насіння 10°C, внесення водорозчинного бору у фазу V8 у нормі 1,5 л/га).

У результаті виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки, проведеної у 2024 році на площі 427 га, встановлено, що завдяки застосуванню даної наукової розробки урожайність гібриду Білоба КЛП підвищилася в порівнянні з прийнятою в господарстві технологією вирощування соняшнику на 0,71 т/га, чистий прибуток збільшився на 15 306,18 грн/га, рівень рентабельності підвищився на 38,2 %.

Генеральний Директор
Виконавець (аспірант)



С.Ф. Байрачний
О.А. Добренький

Додаток Д.3

Затверджую:
Генеральний директор
ФГ «Грига»
Грига В.О.
«27» Вересня 2024 р.

АКТ

виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки

Комісія у складі представника ФГ «Грига» Полтавського району Полтавської обл. — голови Григи В.О., з одного боку, та аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва — Добренського О.А., з другого боку, склали даний акт про виробничу перевірку (впровадження) закінченої наукової розробки на тему: «Підвищення врожайності соняшнику за різних технологій вирощування» (сівба гібриду Сувекс з нормою висіву 55 тис. шт./га схожих насінин за температури ґрунту на глибині загортання насіння 14°C, внесення бакової суміші ґрунтового гербіциду Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га, внесення страхового гербіциду Гранстар у нормі 40 г/га, внесення водорозчинного Бору 1,5 л/га у фазу R1).

У результаті виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки, проведеної у 2024 році на площі 259 га, встановлено, що завдяки застосуванню даної наукової розробки урожайність гібриду Сувекс підвищилася в порівнянні з прийнятою в господарстві технологією вирощування соняшнику на 0,36 т/га, чистий прибуток збільшився на 7 760 грн/га, рівень рентабельності підвищився на 19 %.

Виконавець

Добренський О.А.



Грига В.О.

Додаток Д.4

Затверджую:
Генеральний директор
ПОСП «Гарант»
Орлов В.Г.
«10» Жовтня 2024 р.

АКТ

виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки

Комісія у складі представника ПОСП «Гарант» Лозівського району Харківської обл. — головного агронома Косінова В.В., з одного боку, та аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва — Добренського О.А., з другого боку, склали даний акт про виробничу перевірку (впровадження) закінченої наукової розробки на тему: «Підвищення врожайності соняшнику за різних технологій вирощування» (сівба гібриду Дакстон з нормою висіву 55 тис. шт./га схожих насінин за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8-10°C, внесення водорозчинного бору у фазу V8 у нормі 1,5 л/га).

У результаті виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки, проведеної у 2024 році на площі 110 га, встановлено, що завдяки застосуванню даної наукової розробки урожайність гібриду Дакстон підвищилася в порівнянні з прийнятою в господарстві технологією вирощування соняшнику на 0,46 т/га, чистий прибуток збільшився на 9 916 грн/га, рівень рентабельності підвищився на 21 %.

Головний Агроном

Виконавець (аспірант)



В.В. Косінов

О.А. Добренський

Додаток Д.5

Затверджую:

Генеральний директор

ПАОП «Промінь»

Лутовий С.Г.

«1» Листопада 2024 р.

АКТ

виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки

Комісія у складі представника ПАОП «Промінь» Красноградського району Харківської обл. — генерального директора Лутового С.Г. з одного боку, та аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва — Добренського О.А., з другого боку, склали даний акт про виробничу перевірку (впровадження) закінченої наукової розробки на тему: «Підвищення продуктивності соняшнику за різних технологій вирощування» (сівба гібриду Білоба КЛП з нормою висіву 50 тис. пп./га схожих насіння за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8-10°C, внесення страхового гербіциду Пуль-Блекс у фазу V4. Норма внесення 1,6 л/га).

У результаті виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки, проведеної у 2024 році на площі 78 га, встановлено, що завдяки застосуванню даної наукової розробки урожайність гібриду Білоба КЛП в порівнянні з порівнянню з прийнятою в господарстві технологією вирощування соняшнику на 0,53 т/га, чистий прибуток збільшився на 11 425 грн/га, рівень рентабельності підвищився на 28 %.

Генеральний директор


Лутовий С.Г.

Виконавець

Добренский О.А.



Додаток Д.6.

Затверджую:

Генеральний директор

АООП «Великосорочинське»

Харченко М.І.

«22» Вересня 2024 р.

АКТ

виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки

Комісія у складі представника АООП «Великосорочинське» Миргородського району Полтавської обл. — генерального директора Харченко М.І., з одного боку, та аспіранта Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва — Добренського О.А., з другого боку, склали даний акт про виробничу перевірку (впровадження) закінченої наукової розробки на тему: «Підвищення врожайності сояшнику за різних технологій вирощування» (сівба гібриду НК Неома з нормою висіву 55 тис. шт./га схожих насіння за температури ґрунту на глибині загортання насіння 11°C, внесення бакової суміші ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га, внесення водорозчинного Бору 1,5 л/га у фазу R1).

У результаті виробничої перевірки (впровадження) закінченої наукової розробки, проведеної у 2024 році на площі 562 га, встановлено, що завдяки застосуванню даної наукової розробки урожайність гібриду НК Неома підвищилася в порівнянні з прийнятою в господарстві технологією вирощування сояшнику на 0,29 т/га, чистий прибуток збільшився на 6 251 грн/га, рівень рентабельності підвищився на 16 %.



Директор

Харченко М. І.

Аспірант

Добренський О.А.

Додаток Д.7

MICHIGAN STATE
UNIVERSITY

April 2, 2025

To Whom It May Concern,

My name is Chris Long, and I am a Senior Academic Specialist at Michigan State University in East Lansing, MI. I am writing this letter in collegial support of Dr. Oleksandr Dobrenkyi, who completed an academic internship with my applied research and extension program at MSU from November 3, 2024, through March 29, 2025.

During this internship, Dr. Dobrenkyi worked directly with our team on a multi-state research effort focusing on soil fumigation strategies and soilborne pathogen suppression nationally funded USDA-NIFA. His primary responsibilities included assisting with protocol development, field and laboratory sampling, data documentation, and coordination among collaborating institutions. Throughout this period, he demonstrated a strong scientific foundation in soil science and agronomy, along with a clear ability to conduct applied research within commercial agricultural systems.

Dr. Dobrenkyi contributed meaningfully to our ongoing soil fumigation and soil pathology project, where we evaluate emerging approaches for the suppression of economically significant soilborne diseases. His participation strengthened our capacity to execute key project components during the winter research cycle and to prepare for the 2025 field season. His engagement, technical knowledge, and work ethic reflected the qualities expected of a high-level research collaborator.

Based on his professionalism, dependability, and scientific competence, I fully support Dr. Dobrenkyi's continued involvement in future research collaborations. His internship performance demonstrated that he is a valuable asset in bridging academic research with practical field implementation, and his contributions are appreciated by our team.



Department of Plant,
Soil and Microbial
Sciences

Michigan State University
Plant & Soil Science Bldg.
1066 Bogue Street Rm A286
East Lansing, MI
48824-1325

Main Off: 517-353-0120
Fax: 517-353-5174

<http://www.psm.msu.edu>

Sincerely,

Senior Crop Specialist

Mobile: 517-256-6529

ДОДАТОК Д.8



ДОДАТОК Д.9



ДОДАТОК Д.10



CERTIFICATE *of* COMPLETION

is hereby granted to

Oleksandr Dobrenkyi

for successful completion of

MSUE: 2025 Integrated Pest Management Academy

Friday, December 12, 2025

MICHIGAN STATE
UNIVERSITY | **Extension**

CERTIFICATE *Of* COMPLETION

is hereby granted to

Oleksandr Dobrenkyi

for successful completion of

MSUE: 2025 Michigan Licensed Pesticide Applicator Virtual Classroom

Thursday, December 11, 2025



ДОДАТОК Д.12



ДОДАТОК Д.13



CERTIFICATE *of* COMPLETION



is hereby granted to

Oleksandr Dobrenkyi

for successful completion of

Pollinator Protection for Land Managers 2025

Friday, December 12, 2025

**MICHIGAN STATE
UNIVERSITY**

Extension





CERTIFICATE *of* COMPLETION



is hereby granted to

Oleksandr Dobrenkyi

for successful completion of

Pollinator Protection for Pesticide Applicators 2025

Friday, December 12, 2025

**MICHIGAN STATE
UNIVERSITY**

Extension



ДОДАТОК Д.15

PESTED

Educational Services for the Pest Management Industry

www.pested.com**DISTANCE LEARNING RECERTIFICATION**

Continuing Education Meeting Accredited by the Michigan Department of Agriculture & Rural Development

THIS CERTIFIES THAT: OLEKSANDR DOBRENKYI

CERTIFICATION NO. C003230108

HAS COMPLETED THIS COURSE

COURSE TITLE: 2 HOURS: WEED CONTROL

SPONSORED BY: **PESTED**

ON: 12/12/2025 - 12/14/2025

AT: DISTANCE LEARNING

CREDITS AWARDED**2 HOUR: CATEGORY 1A,1B, 1C or PRIVATE**

Seminar Code: 59964B02

SIGNATURE OF SPONSOR:



Kevin Hurley

ADDRESS OF SPONSOR: 592 ULSTER AVE. SUITE B KINGSTON, NY 12401

**DO NOT SEND THIS INTO THE STATE OF MICHIGAN.
PLEASE KEEP THIS CERTIFICATE ON FILE AT YOUR OFFICE.**

592B Ulster Ave Kingston, NY 12401 Ph: (845) 481-4048 Fax (845) 853-1725

ДОДАТОК Д.16

CERTIFICATE *of* COMPLETION

is hereby granted to

Oleksandr Dobrenkyi

for successful completion of

MSUE: 2025 Field Crops IPM Course

Thursday, December 11, 2025



MICHIGAN STATE
UNIVERSITY | Extension

Додаток Е.1

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ**

Статті у наукових фахових виданнях України, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації

1. Dobrenkyi, O. Herbicide impact on bee pollination and yield interactions in sunflower production. *Scientific Horizons*. 2025. Issue. 28. № 11. P. 47–57. DOI: 10.48077/scihor11.2025.47.
2. Добренський О.А, Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від доз страхових гербіцидів в умовах Степу України. Селекція і насінництво. 2025. № 128. С. 6–18. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.347582.
3. Добренський О.А. Вплив різних схем застосування гербіцидів на запилення соняшнику медоносними бджолами. *Агробіологія*. 2025. № 2. С. 38–46. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-38-46.
4. Добренський О.А. Вплив різних гербіцидних систем захисту на активність медоносних бджіл та олійність насіння соняшнику. *Збалансоване Природокористування*. 2025. № 3. С. 143–150. DOI: 10.33730/23104678.3.2025.342537.

Статті у наукових іноземних виданнях

5. Dobrenkyi O. Influence of Foliar Application of Water-Soluble Boron on Sunflower Productivity. *J Water Res*. 2025. № 3. P. 1–4. DOI: 10.33140/JWR.03.03.04.
6. Dobrenkyi O.A., Avramenko S.V. Impact of planting density on sunflower yield in eastern Ukraine. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2025. Issue 40. P185–192. DOI: 10.30890/2567–5273.2025–40–01–002.

Публікації в інших виданнях

7. Dobrenkyi O. Sunflower production technology. ESS Open Archive. 2025. P. 1–77. DOI: 10.22541/essoar.174835190.01046527/v1.

Тези наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. Добренський О.А., Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від густоти рослин в умовах посушливого 2024 року. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет конференція «Сучасні технології в рослинництві» присвячена 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослиника Рожественського Бориса Миколайовича, 27–28 листопада 2024 р. Інститут рослинництва ім. В.Я Юр'єва НААН. Харків. 2024. С. 56–59.

9. Добренський О.А., Авраменко С.В. Урожайність гібридів соняшнику залежно від позакореневого внесення водорозчинного бору. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної інтернет конференція «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» присвячена 120-ій річниці від дня народження професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича ПОЛЯКОВА, 20 жовтня 2025 р. Інститут рослинництва ім. В.Я Юр'єва НААН. Харків. 2025. С. 28–31.

Методичні рекомендації

10. Авраменко С.В., Попов С.І., Гутянський Р.А., Жижка Н.Г., Добренський О.А., Хрістосов В.В. Базова інформація «Розроблення елементів технології вирощування соняшнику для підвищення продуктивності гібридів» (методичні вказівки). Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2025. 15 с.