

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**СТОЦЬКИЙ ОЛЕКСІЙ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 631.559+664.314]:633.9:631.816

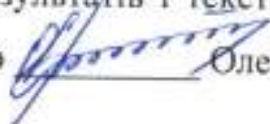
**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ  
НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник – Любич Віталій Володимирович, доктор  
сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Стоцький О. В.* Продуктивність соняшнику залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 – Аграрні науки та продовольство). – Уманський національний університет, Умань, 2026.

У дисертації визначено формування показників продуктивності соняшнику за різних видів і доз добрив з урахуванням сучасних змін погодних умов. Встановлено параметри господарського, відносного винесення основних елементів живлення, коефіцієнти їх використання, їх баланс за різного удобрення та погодних умов.

У середньому за три роки досліджень маса 1000 насінин була найменшою на ділянках без добрив – 47,9 г. Застосування  $N_{60}$  забезпечувало збільшення цього показника до 53,0–53,4 г або на 10–11 %. Подібно впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Збільшення дози азотних добрив до 90–120 кг/га д. р. навпаки зменшувало масу 1000 насінин до 50,4–48,5 г, проте цей показник був вищим порівняно з контролем.

У середньому за три роки досліджень маса насіння збільшувалась від 50,8 до 55,2 г за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування  $N_{60-120}$  у системі удобрення соняшнику збільшувало масу насіння до 67,2–70,1 г або на 32–38 % порівняно з ділянками без добрив. Збільшення кількості калійних добрив до  $K_{90}$  збільшувало масу насіння з однієї рослини лише на 1 % порівняно з  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування борної кислоти у різні фази росту рослин також не мало значної переваги порівняно з внесенням добрив без позакореневого підживлення.

Маса насіння з однієї рослини соняшнику значно змінювалась

залежно від року проведення досліджень. У 2023 р. за період жовтень–квітень випало 300 мм опадів, у 2024 р. – 341 мм, а в 2024 р. – 265 мм опадів. За період травень–липень випало відповідно 151, 116 і 225 мм опадів. Крім цього, оптимальна температура повітря для росту соняшнику була лише в 2023 р., а в 2024 р. були періоди з високою та в 2025 р. з низькою температурою в період формування вегетативної маси, що негативно вплинуло на формування маси насіння з однієї рослини. Так, найвищою маса насіння була в 2023 р. – 66,5–86,6 г, у 2025 р. – 46,4–64,7 г, а в 2024 р. – 39,6–62,8 г залежно від варіанту досліду.

У середньому за три роки кількість насіння збільшувалось до 1190–1442 шт. за внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив або на 13–37 % порівняно з контролем (1050 шт.). Застосування борної кислоти достовірно не впливало на формування кількості насіння на одній рослині. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечували зниження кількості насіння завдяки збільшенню маси 1000 насінини і маси насіння з однієї рослини.

Встановлено, що соняшник найбільше реагує на внесення азотних добрив. Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності на 9 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 24–33 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–4 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність порівняно з варіантом  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності насіння соняшнику.

Урожайність значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність соняшнику впливало застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 5,55 т/га.

Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність насіння. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 5,63–5,80 т/га залежно від строку обприскування. У 2024 р. найбільшу врожайність отримано за вирощування соняшнику при внесенні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 4,98 т/га або на 1,84 т/га більше порівняно з контролем. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 4,59 т/га врожаю насіння, що лише на 8 % менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

Вміст олії в насінні соняшнику мав тенденцію до зниження за внесення мінеральних добрив. Необхідно відзначити, що зниження вмісту олії було не достовірним. Так, у середньому за три роки досліджень цей показник у варіанті без добрив становив 45,5 %, а за внесення мінеральних добрив – 44,1–44,6 %. При цьому застосування борної кислоти у позакореневе підживлення забезпечувало формування вмісту жиру на рівні 45,1–45,2 %.

Результати збору олії з урожаю насіння соняшнику свідчать також про вищу ефективність застосування  $N_{60}$  у системі удобрення. При цьому внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 2243 кг/га олії, а в парних комбінаціях з азотними добривами – 2089–2175 кг/га або лише 4–7 % менше. Збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  не забезпечували значного збору олії. Застосування борної кислоти у позакореневе підживлення збільшували збір олії до 2338–2395 кг/га або на 4–7 %, що було на рівні застосування  $N_{90-120}$ .

Відносне винесення азоту з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел мало змінювався залежно від року проведення досліджень і зростав від внесення азотних добрив у складі повного мінерального добрива. Так, у варіанту без добрив відносне винесення азоту становило 52,5 кг, а за внесення добрив з азотною складовою – 52,3–55,0 кг. При цьому застосування борного добрива у підживлення мало впливало на цей показник.

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5—125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

Результати досліджень свідчать, що господарське винесення фосфору соняшником істотно змінювалося залежно від системи удобрення. Так, у середньому за три роки досліджень винесення фосфору з урожаєм (насінням та стеблами) становило лише 83,3 кг/га у контрольному варіанті (без добрив). Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення показника до 91,9 кг/га, а внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) – до 105,5 кг/га.

Внесення комбінації азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 109,7 кг/га, тоді як повне мінеральне удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило ще вищий рівень – 115,8 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  та  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) підвищувало винесення до 117,2–119,4 кг/га.

Додаткове внесення калію у підвищеній нормі ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) утримувало показник на рівні 118,0 кг/га. Застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало винесення на рівні 117,8–120,0 кг/га. Максимальне значення (139,8 кг/га у 2023 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що відносне винесення фосфору соняшником змінювалося залежно від системи удобрення та року досліджень. У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) забезпечував винесення фосфору на рівні 33,9 кг/га.

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) сприяло незначному

підвищенню показника до 34,0 кг/га, тоді як внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) знижувало його до 31,8 кг/га. Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечила винесення на рівні 32,9 кг/га.

Найвищі значення спостерігалися у варіантах з повним мінеральним удобренням ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), де середній показник становив 33,9 кг/га, а також за його поєднання зі стимуляторами росту ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ), що утримувало винесення у межах 33,8–33,9 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) не призводило до істотного підвищення показника, утримуючи його на рівні 33,1–33,5 кг/га.

Розрахунки показують, що баланс фосфору у ґрунті здебільшого мав від'ємні значення. У контрольному варіанті дефіцит становив від –81,0 до –54,2 кг/га. Застосування  $P_{60}K_{60}$  значно покращувало показники і в 2025 р. навіть забезпечило позитивний баланс (+1,7 кг/га).

Загальне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив 144,5 кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення до 158,5 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 185,0–186,5 кг/га. Найвищі значення відмічено у варіантах із комплексним внесенням NPK, де середні показники досягали 197,1–204,2 кг/га. Додаткове застосування мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення забезпечило максимальне винесення калію – понад 204 кг/га.

Відносне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив 100,1 кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) не забезпечило істотного приросту – 97,1 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) призвело до зниження показників до 87,2–88,1 кг/га.

Внесення калійних добрив забезпечувало позитивний баланс (10–31 кг/га), а найбільший показник отримано при підвищеній дозі калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) – до 52 кг/га. Використання мікродобрив у складі системи  $N_{60}P_{60}K_{60}$  підтримувало позитивний баланс.

Найвищі витрати добрив на формування 1 приросту врожаю насіння соняшнику були за внесення фосфорних і калійних добрив без азотної складової. При цьому цей показник значно змінювався залежно від року проведення досліджень – від 526 до 706 кг д. р. Необхідно відзначити, що внесення повного мінерального добрива з азотною складовою значно знижувало їх витрати на формування 1 т приросту насіння, проте також він змінювався залежно від року проведення досліджень.

Окупність 1 кг д. р. азотних добрив також значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  цей показник змінювався від 9,5 до 21,3 кг насіння соняшнику. При цьому вищі показники окупності в 2024 р. зумовлено більшою реакцією на внесення добрив. За збільшення дози азотних добрив окупність їх знижувалась до 4,9–13,9 кг насіння. Необхідно відзначити, що застосування борного добрива в підживлення значно збільшувало окупність азотних добрив порівняно з внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Застосування парних комбінацій азотних і калійних добрив забезпечувало найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності – 1,67–2,95 залежно від року проведення досліджень. Внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечували дещо нижчий цей показник – 1,06–2,48.

Економічна ефективність застосування добрив під соняшник змінювалась залежно від сценарію удобрення. Найвищий прибуток забезпечувало застосування  $N_{120}P_{60}K_{60}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі бору – 19,1–19,9 тис. грн./га. Проте цей прибуток був лише на 1,0–1,1 тис. більшим порівняно з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Крім цього, прибуток на рівні 18,3 тис. грн./га забезпечувало внесення  $N_{60}K_{60}$ , що дає можливість застосувати неповне повернення елементів живлення.

**Ключові слова:** удобрення, дози мінеральних добрив, види добрив, соняшник, показники росту рослин, урожайність, якість насіння, господарське винесення, відносне винесення, елементи живлення, балансу елементів живлення.



## ABSTRACT

Stotskyi O. V. Sunflower productivity depending on fertilization on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 “Agronomy” (20 – Agricultural Sciences and Food). – Uman National University, Uman, 2026.

The dissertation determines the formation of sunflower productivity indicators for different types and doses of fertilizers, taking into account current changes in weather conditions. The parameters of economic, relative removal of basic nutrients, their use coefficients, their balance for different fertilizers and weather conditions are established.

On average over three years of research, the mass of 1000 seeds was the lowest in areas without fertilizers – 47.9 g. The use of  $N_{60}$  provided an increase in this indicator to 53.0–53.4 g or by 10–11 %. The use of phosphorus and potassium fertilizers had a similar effect. Increasing the dose of nitrogen fertilizers to 90–120 kg/ha a. i. on the contrary reduced the mass of 1000 seeds to 50.4–48.5 g, but this indicator was higher compared to the control. On average over three years of research, the mass of seeds increased from 50.8 to 55.2 g with the application of phosphorus and potassium fertilizers. The use of  $N_{60-120}$  in the sunflower fertilization system increased the mass of seeds to 67.2–70.1 g or by 32–38 % compared to areas without fertilizers. Increasing the amount of potassium fertilizers to  $K_{90}$  increased the mass of seeds from one plant by only 1 % compared to  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . The use of boric acid in different phases of plant growth also did not have a significant advantage compared to the application of fertilizers without foliar feeding.

The mass of seeds from one sunflower plant varied significantly depending on the year of the research. In 2023, 300 mm of precipitation fell during the

period from October to April, in 2024 – 341 mm, and in 2024 – 265 mm of precipitation. In the period from May to July, 151, 116 and 225 mm of precipitation fell, respectively. In addition, the optimal air temperature for sunflower growth was only in 2023, and in 2024 there were periods with high and in 2025 with low temperatures during the period of vegetative mass formation, which negatively affected the formation of seed mass from one plant. Thus, the highest seed weight was in 2023 – 66.5–86.6 g, in 2025 – 46.4–64.7 g, and in 2024 – 39.6–62.8 g, depending on the experimental variant.

On average, over three years, the number of seeds increased to 1190–1442 pcs. with the application of 60–120 kg/ha d. of nitrogen fertilizers or by 13–37 % compared to the control (1050 pcs.). The use of boric acid did not significantly affect the formation of the number of seeds per plant. The use of phosphorus and potassium fertilizers ensured a decrease in the number of seeds due to an increase in the mass of 1000 seeds and the mass of seeds from one plant.

It was established that sunflower responds most to the application of nitrogen fertilizers. Thus, the use of  $P_{60}K_{60}$  provided an increase in yield by 9 % compared to the control. Variants with the application of 60 kg/ha of nitrogen fertilizers in various combinations with phosphorus and potassium increased it by 24–33 %. In this case, the application of  $N_{60}$  was effective. Thus, increasing the dose of nitrogen fertilizers to  $N_{90-120}$  provided an increase in yield by only 1–4 % compared to  $N_{60}$ . The application of  $N_{90}P_{60}K_{90}$  did not have a significant effect on yield compared to the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  variant. It should be noted that the use of foliar feeding with boric acid in different phases of plant growth also did not significantly increase the yield of sunflower seeds.

The yield varied significantly depending on the weather conditions of the year of the study. The results of the studies show that in 2023, the application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  had the greatest impact on the yield of sunflower – 5.55 t/ha. Increasing the dose of nitrogen fertilizers in the composition of complete mineral fertilizer did not significantly affect the yield of seeds. The application

of boron fertilizers increased this indicator to 5.63–5.80 t/ha depending on the timing of spraying. In 2024, the highest yield was obtained when growing sunflower with the application of  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 4.98 t/ha or 1.84 t/ha more compared to the control. The application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ensured the receipt of 4.59 t/ha of seed yield, which is only 8 % less compared to the application of the highest dose of nitrogen fertilizers.

The oil content in sunflower seeds tended to decrease with the application of mineral fertilizers. It should be noted that the decrease in oil content was not significant. Thus, on average over three years of research, this indicator in the variant without fertilizers was 45.5 %, and with the application of mineral fertilizers – 44.1–44.6 %. At the same time, the use of boric acid in foliar feeding ensured the formation of a fat content at the level of 45.1–45.2 %.

The results of oil collection from the sunflower seed harvest also indicate a higher efficiency of using  $N_{60}$  in the fertilization system. At the same time, the application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ensured the receipt of 2243 kg/ha of oil, and in paired combinations with nitrogen fertilizers – 2089–2175 kg/ha or only 4–7 % less. Increasing the dose of nitrogen fertilizers to  $N_{90-120}$  did not provide significant oil collection. The use of boric acid in foliar feeding increased the oil yield to 2338–2395 kg/ha or by 4–7 %, which was at the level of application of  $N_{90-120}$ .

The relative removal of nitrogen with the seed yield and the corresponding number of stems changed little depending on the year of research and increased from the application of nitrogen fertilizers as part of the complete mineral fertilizer. Thus, in the variant without fertilizers, the relative removal of nitrogen was 52.5 kg, and with the application of fertilizers with a nitrogen component – 52.3–55.0 kg. At the same time, the use of boric fertilizer in foliar feeding had little effect on this indicator.

It was established that the economic removal of nitrogen with the seed yield varies significantly depending on the fertilizer and the year of research, which must be taken into account when developing a fertilizer system. The application of phosphorus and potassium fertilizers, as well as boron foliarly,

has the least effect on the economic removal of nitrogen. The negative nitrogen balance in the soil indicates the safe use of even 120 kg/ha of nitrogen fertilizers, since the balance was at the level of -49.5–125.6 kg/ha depending on the year of the study. It is promising to conduct research on the effectiveness of fertilizer use of different sunflower hybrids.

The results of the studies show that the economic removal of phosphorus by sunflower significantly varied depending on the fertilization system. Thus, on average over the three years of the study, the removal of phosphorus with the crop (seeds and stems) was only 83.3 kg/ha in the control variant (without fertilizers). The use of phosphorus-potassium fertilizers ( $P_{60}K_{60}$ ) increased the indicator to 91.9 kg/ha, and the application of nitrogen-potassium ( $N_{60}K_{60}$ ) – to 105.5 kg/ha.

The application of a combination of nitrogen and phosphorus ( $N_{60}P_{60}$ ) contributed to an increase in removal to 109.7 kg/ha, while complete mineral fertilizer ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) provided an even higher level – 115.8 kg/ha. An increase in the dose of nitrogen ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  and  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) increased removal to 117.2–119.4 kg/ha. Additional application of potassium at an increased rate ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) maintained the indicator at 118.0 kg/ha. The use of boron ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  separately or in combination) in the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  system provided removal at 117.8–120.0 kg/ha. The maximum value (139.8 kg/ha in 2023) was recorded in the variant  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$ .

The calculations show that the relative phosphorus removal by sunflower varied depending on the fertilization system and the year of the research. On average over three years, the control option (without fertilizers) provided phosphorus removal at the level of 33.9 kg/ha.

The use of phosphorus-potassium fertilizers ( $P_{60}K_{60}$ ) contributed to a slight increase in the indicator to 34.0 kg/ha, while the application of nitrogen-potassium fertilizers ( $N_{60}K_{60}$ ) reduced it to 31.8 kg/ha. The combination of nitrogen and phosphorus ( $N_{60}P_{60}$ ) provided removal at the level of 32.9 kg/ha.

The highest values were observed in the variants with complete mineral

fertilizer ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), where the average indicator was 33.9 kg/ha, as well as in its combination with growth stimulants ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ), which kept the removal within 33.8–33.9 kg/ha. Increasing the dose of nitrogen ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) and potassium ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) did not lead to a significant increase in the indicator, keeping it at the level of 33.1–33.5 kg/ha.

Calculations show that the phosphorus balance in the soil mostly had negative values. In the control variant, the deficit was from –81.0 to –54.2 kg/ha. The use of  $P_{60}K_{60}$  significantly improved the indicators and in 2025 even provided a positive balance (+1.7 kg/ha).

The total removal of potassium by sunflower with the yield of seeds and stems depended on the fertilization systems, in the control variant without fertilizers the average indicator was 144.5 kg/ha. The use of phosphorus-potassium fertilizers ( $P_{60}K_{60}$ ) provided an increase to 158.5 kg/ha. The application of nitrogen-potassium and nitrogen-phosphorus combinations ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) contributed to the increase in removal to 185.0–186.5 kg/ha. The highest values were observed in variants with complex NPK application, where the average indicators reached 197.1–204.2 kg/ha. Additional application of microfertilizers ( $B_{12-14}$  and  $B_{53-55}$ ) as part of the fertilization system provided maximum potassium removal – over 204 kg/ha.

Relative potassium removal by sunflower with seed yield and corresponding number of stems depending on fertilization systems, in the control variant without fertilizers the average indicator was 100.1 kg/ha. Application of phosphorus-potassium fertilizers ( $P_{60}K_{60}$ ) did not provide a significant increase – 97.1 kg/ha. Application of nitrogen-potassium and nitrogen-phosphorus combinations ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) led to a decrease in indicators to 87.2–88.1 kg/ha.

The application of potash fertilizers provided a positive balance (10–31 kg/ha), and the highest indicator was obtained with an increased dose of potassium ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) – up to 52 kg/ha. The use of microfertilizers as part of the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  system maintained a positive balance.

The highest fertilizer costs for the formation of 1 increment of sunflower seed yield were for the application of phosphorus and potassium fertilizers without a nitrogen component. At the same time, this indicator changed significantly depending on the year of the research – from 526 to 706 kg a. i. It should be noted that the application of complete mineral fertilizer with a nitrogen component significantly reduced their costs for the formation of 1 t of seed increment, but it also changed depending on the year of the research.

The payback of 1 kg a. i. of nitrogen fertilizers also changed significantly depending on the year of the research. Thus, with the application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , this indicator varied from 9.5 to 21.3 kg of sunflower seeds. At the same time, higher payback rates in 2024 are due to a greater response to fertilizer application. With an increase in the dose of nitrogen fertilizers, their payback decreased to 4.9–13.9 kg of seeds. It should be noted that the use of boron fertilizer in top dressing significantly increased the payback of nitrogen fertilizers compared to the application of only  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

The use of paired combinations of nitrogen and potassium fertilizers provided the highest energy efficiency coefficient – 1.67–2.95, depending on the year of research. The application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  provided a slightly lower indicator – 1.06–2.48.

The economic efficiency of the use of fertilizers for sunflower varied depending on the fertilization scenario. The highest profit was provided by the application of  $N_{120}P_{60}K_{60}$  and  $N_{60}P_{60}K_{60}$  against the background of boron – 19.1–19.9 thousand UAH/ha. However, this profit was only 1.0–1.1 thousand higher compared to the application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . In addition, the profit at the level of 18.3 thousand UAH/ha was provided by the application of  $N_{60}K_{60}$ , which makes it possible to apply incomplete return of nutrients.

**Key words:** fertilizers, doses of mineral fertilizers, types of fertilizers, sunflower, plant growth indicators, yield, seed quality, economic removal, relative removal, nutrients, balance of nutrients.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ Стоцького Олексія Вікторовича

### *Статті у фахових виданнях України*

1. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-126-133
2. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування індивідуальної продуктивності рослин соняшнику за різних доз добрив і їх поєднання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107, Ч. 1. С. 559–565. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-559-565
3. Любич В. В., Стоцький О. В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 146. Ч. 1. С. 43–48.

### *Матеріали науково-практичних конференцій*

4. Любич В. В., Стоцький О. В. Значення добрив у збалансованому природокористуванні за вирощування соняшнику. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 179–181.
5. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту жиру в насінні соняшнику залежно від удобрення. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченій 120-ій річниці від дня народження професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова (20 жовтня 20254 р., м. Харків) / НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2025. С. 44–45.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1 ЕФЕКТИВНІСТЬ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД СОНЯШНИК (огляд літератури)	24
1.1 Значення соняшнику	24
1.2 Ріст і розвиток рослин соняшнику залежно від удобрення	30
1.3 Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від удобрення	41
РОЗДІЛ 2 УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	51
2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	51
2.2 Методика проведення досліджень	55
РОЗДІЛ 3 ІНДИВІДУАЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	59
РОЗДІЛ 4 ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	67
4.1 Формування врожайності	67
4.2 Якість насіння	74
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ СОНЯШНИКОМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	80
5.1 Засвоєння азоту	80
5.2 Параметри фосфорного живлення	93
5.3 Особливості калійного живлення	106



	АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА	
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ	122
	ЕФЕКТИВНОСТІ УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ	
	ВИСНОВКИ	130
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	137
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138
	ДОДАТКИ	159

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Провідною олійною культурою як в Україні, так і в світі є соняшник (*Helianthus annuus* L.). Упродовж останніх років Україна посіла провідні позиції на світовому ринку соняшникового насіння, олії та продуктів переробки, ставши постійним і стабільним їх експортером.

Соняшник, завдяки високій посухостійкості та адаптації до різних типів ґрунту, може рости у широкому діапазоні умов навколишнього середовища. Однак, хоча соняшник є культурою з глибоким корінням, водний стрес може знизити його продуктивність. Крім посухостійкості та низької потреби у засобах захисту, головною перевагою соняшнику є високий вміст олії в зерні (42–50 %). Насіння соняшнику також може містити до 40 % білка.

Соняшник належить до сільськогосподарських культур, вирощування яких потребує інтенсивного мінерального живлення. Найвищі врожаї формує за умови культивування його на родючих чорноземних ґрунтах та розміщення після кращих попередників у сівозміні. Дослідження свідчать, що складові мінеральних добрив, такі як N, P і K, є важливими для росту рослин та формування врожайності. Збалансована доза добрив за кожним із вищезазначених елементів відіграє важливу роль у забезпеченні необхідною кількістю поживних речовин для досягнення максимальної продуктивності соняшнику.

Збільшення виробництва олійних культур пов'язано з підвищенням продуктивності посівів і можливе за умови вирощування нових гібридів з високим рівнем засвоєння фотосинтетично активної радіації за рахунок агротехнічних заходів. Завдяки появі в виробництві сучасних гібридів соняшнику, важливого практичного значення набуває сортова агротехніка і вплив рівня мінерального живлення на продуктивність рослин. Науковці виділяють значну роль азотній складовій в повному мінеральному добриві.

Нині оптимальна доза азотних добрив під соняшник змінюється від 60 до 190 кг/га д. р. Крім цього, часто спостерігається змінна ефективність у відповідь на позакореневе оброблення рослин. Проте існує достатньо доказів, що свідчать про корисний вплив позакореневого внесення мікродобрив на покращення метаболізму, якості та врожайності. У зв'язку з цим актуальними є питання визначення впливу рівня мінерального забезпечення на показники продуктивності культури в умовах зміни клімату.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Основу дисертації становлять матеріали науково-дослідної роботи, які входили до програми наукових досліджень Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроєкосистем України» (2022–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521), а також у ПНД НААН 1 «Рациональне використання і стале управління ґрунтовими ресурсами, збереження родючості та здоров'я ґрунтів, захист їх від деградації» за темою «Встановити ефективність різних видів і доз добрив за вирощування соняшнику на чорноземі опідзоленому» (2023–2024 рр.).

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень – вивчення впливу різних видів і доз мінеральних добрив, внесених у різним поєднаннях на одиницю площі на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах соняшнику для одержання стабільних урожаїв.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

- визначити вплив удобрення на показники росту та розвитку рослин соняшнику;
- встановити вплив удобрення на формування індивідуальної продуктивності соняшнику;
- з'ясувати вплив застосування мінеральних добрив на формування врожайності та якості насіння;
- розрахувати винесення основних елементів живлення соняшником

залежно від системи удобрення;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив під соняшник.

*Об'єкт досліджень* – взаємозв'язок між удобренням і продуктивністю соняшнику.

*Предмет дослідження* – оптимізація мінерального живлення соняшнику.

**Методи досліджень.** Для реалізації визначених завдань дослідження використано комплекс загальноприйнятих і спеціальних методів, спрямованих на отримання об'єктивних результатів: польові (визначення параметрів показників росту рослин і врожайності, відбирання зразків ґрунту та рослин), лабораторні (підготовка досліджуваного матеріалу для аналізування основних елементів живлення в зерні та соломі, біохімічної складової зерна), аналітичні (аналіз процесу формування продуктивності залежно від удобрення та взаємозв'язків між ними), інформаційні (огляд досліджуваних заходів у науковій літературі, оброблення і поширення наукової інформації), статистичні (дисперсійний аналіз для визначення достовірності отриманих результатів досліджень, кореляційний і регресійний аналіз), а також економічний, агрохімічний та енергетичний. Хімічні та фізико-хімічні аналізи проводили стандартизованими і загальноприйнятими методами з використанням сертифікованих приладів в атестованій лабораторії масових аналізів Уманського національного університету.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у встановленні загальних закономірностей формування продуктивності соняшнику залежно від удобрення.

*Уперше*

визначено формування показників продуктивності соняшнику за різних видів і доз добрив з урахуванням сучасних змін погодних умов. Встановлено параметри господарського, відносного винесення основних елементів живлення, коефіцієнти їх використання, їх баланс за різного

удобрення та погодних умов.

Встановлено, що соняшник найбільше реагує на внесення азотних добрив. Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності на 9 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 24–33 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

*Удосконалено* систему удобрення соняшнику з урахуванням економічної, агрохімічної та енергетичної оцінки.

*Дістало подальшого розвитку* можливість зниження доз мінеральних добрив та економного внесення фосфорних і калійних у технології вирощування соняшнику.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в уточненні показників відносного винесення основних елементів живлення соняшником і коефіцієнтів їх використання з добрив. Визначено параметри окупності 1 кг мінеральних добрив насінням з урахуванням змін погодних умов.

Встановлено, що найменше на врожайність насіння соняшнику впливає застосування фосфорно-калійної системи удобрення – 4,15 т/га. Застосування бору позакоренево сприяло збільшенню врожайності насіння лише на 9–15 % порівняно з ділянками без обприскування. Застосування добрив мало тенденцію до зниження вмісту олії в насінні, проте зниження було не істотним. Застосування бору позакоренево забезпечувало вміст олії на рівні варіанту без добрив. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання виходу олії на рівні 2243 кг/га. За внесення  $N_{120}P_{60}K_{60}$  цей показник збільшувався до 2323 кг/га або на 4 %. На основі вище наведеного ефективною дозою в агротехнології соняшника є застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . При цьому можливе тимчасове застосування лише азотних добрив.

*Удосконалено* систему удобрення соняшнику, що передбачає внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  з обробленням посівів борною кислотою (доза 500 г/га)

в фазах ВВСН12–14 і ВВСН53–55 або без позакореневого підживлення.

Основні результати дослідження впроваджено в ПОП «Соколівка» Черкаської області на площі 85 га (акт від 01.01.2026 р.), в ПП «АРТБУДІНВЕСТ» Черкаської області на площі 65 га (акт від 01.01.2026 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Наукові положення, що виносяться на захист кандидатської дисертації, отримано в процесі науково-дослідної роботи здобувача. Особистий внесок полягає у формуванні мети і завдань досліджень, узагальненні відомостей з наукової літератури, виконанні лабораторних досліджень, аналізі та статистичній обробці отриманих результатів, розрахунках економічної ефективності, підготуванні матеріалів під час написання наукових праць, а також у формуванні висновків і пропозицій виробництву та їх практичному випробуванні. Публікації за темою дисертації підготовлено в співавторстві, де здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. Внесок здобувача в публікаціях складає 90 %.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати виконаних досліджень доповідались і обговорювались на Міжнародній науково-практичній конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів» (Умань, 2025), на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції, присвяченій 120-ій річниці від дня народження професора Іллі Михайловича Полякова (Харків, 2025).

**Публікації.** Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано в 5 наукових працях, з яких 3 – статті в фахових виданнях України і 2 – праці в матеріалах науково-практичних конференцій.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 162 сторінках комп'ютерного набору, в тому числі 123 – основного тексту, що включає вступ, шість розділів, висновки, рекомендації виробництву.

Містить анотацію, 48 таблиць і 2 додатки (акти впровадження, відомості про апробацію результатів дисертації). Список використаних джерел включає 179 найменування, з яких 90 – латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ ПІД СОНЯШНИК

#### 1.1 Значення соняшнику

Соняшник належить до найважливіших сільськогосподарських культур України та є стратегічним джерелом рослинної олії як для внутрішнього споживання, так і для зовнішніх ринків. За площею посівів і обсягами валового виробництва насіння Україна впевнено зберігає позиції серед провідних світових виробників. Розширення посівних площ під цією культурою зумовлене комплексом чинників, серед яких ключову роль відіграють удосконалення технологій вирощування, порівняно невисокі витрати на виробництво, висока рентабельність та інші економічні переваги [164, 17, 32].

Соняшник є однією з ключових олійних культур у структурі агропромислового комплексу України. Його роль постійно зростає внаслідок стабільного підвищення попиту на соняшникову олію, яка широко використовується як у харчовій галузі, так і в різних напрямках технічного виробництва. Важливою перевагою цієї культури є також комплексне використання продуктів її переробки: макуха та шрот мають високу поживну цінність і активно застосовуються в раціонах сільськогосподарських тварин, що додатково підвищує економічну ефективність вирощування соняшнику [108, 119].

На сучасному етапі соняшник користується стабільно високим попитом в аграрному секторі України. Протягом останніх двох десятиліть площі його вирощування збільшилися більш ніж утричі та досягли близько 5,2 млн га. Така динаміка зумовлена не лише розширенням посівних площ і зон вирощування, а й активним упровадженням інноваційних агротехнологій, що сприяло зростанню середньої врожайності в основних



регіонах з 9–10 до 18–19 ц/га [165, 58, 64].

Загалом соняшник залишається однією з найприбутковіших і стратегічно важливих культур сучасного землеробства України, забезпечуючи державі вагоме місце серед світових лідерів з виробництва та експорту олійної сировини. Поєднання зростання посівних площ із розвитком аграрного сектору в цілому сприяло суттєвому нарощуванню обсягів виробництва цієї культури [115, 116].

Соняшник є провідною олійною культурою в Україні та має стратегічне значення для аграрного сектору держави. Насіння сучасних високоврожайних і високоолійних сортів та гібридів містить у середньому 50–55 % олії, тоді як у селекційних форм цей показник може досягати 60 %. Серед усіх олійних культур соняшник забезпечує найвищий вихід олії з одиниці посівної площі – у середньому близько 750 кг/га. Частка соняшникової олії в загальному обсязі виробництва рослинних олій в Україні сягає 98 % [113, 48, 87].

Як сільськогосподарська культура соняшник є відносно молодим – його промислове вирощування налічує близько півтора століття. Походить він із південно-західних регіонів Північної Америки, де й нині трапляються дикорослі форми. До Європи соняшник був завезений на початку XVI століття і спочатку використовувався переважно як декоративна та городня рослина, після чого швидко поширився на значних територіях. На землях України культура з'явилася у XVIII столітті [64].

Соняшник вважається основною олійною культурою України, а також одна з найважливіших олійних культур у світі. Близько 98 % загального виробництва олії в Україні припадає саме на соняшникову. Так, насіння районованих сортів і гібридів містить 50–52 % олії, а селекційних – до 60 %. Соняшник має найбільший вихід олії, порівняно з іншими олійними культурами, з одиниці площі і в середньому по Україні становить 750 кг/га. Частка соняшникової олії від загального виробництва в Україні становить 98 % [15, 26, 28, 37, 58].

Соняшникова олія набула широкого застосування в натуральному вигляді, в хлібопеченні, кулінарії, для виготовлення консервів, також вона є основним компонентом у виробництві маргарину. Використовується соняшникова олія також для виготовлення фарб, лаків, лінолеуму, водонепроникних тканин, електроарматури тощо. До її складу входять цінні для організму людини компоненти такі, як фосфатиди, сстерини, вітаміни (А, D, Е, К).

Продукти переробки насіння соняшнику – макуха (при пресуванні) і шрот (при екстрагуванні) є цінними концентрованими кормами для худоби. Макуха в середньому містить 38–42 % перетравного протеїну, 20–22 % ббезазотистих екстрактивних речовин, 6–7 % жиру, 6,8 % золи, 14 % клітковини і велику кількість мінеральних солей. За поживністю 100 кг макухи має 109 корм. од. У шроті містить близько 33–34 % перетравного протеїну, 3 % жиру. На 100 кг його припадає близько 102 корм. од.

Лузга, вихід якої близько 16–22 % від маси насіння, є сировиною для виробництва пентозного (виготовляють фурфулол, з якого в свою чергу виготовляють пластмасу, штучне волокно тощо) й гексозного (сировина для виготовлення етилового спирту і кормових дріжджів) цукрів.

Кошки соняшнику також є цінним кормом для тварин, вихід яких становить 55–60 % від маси насіння. Їх добре поїдають вівці і ВРХ. Вони містять близько 6,2–9,9 % протеїну, 43,9–54,7 % безазотистих екстрактивних речовин, 3,5–6,9 % жиру та 13,0–17,7 % клітковини. Поживність борошна з кошків порівнюється до пшеничних висівок, так його 1 ц еквівалентний 80–90 кг вівса або 70–80 кг ячменю. Також з кошків виробляють харчовий пектин для кондитерської промисловості.

Як кормова культура на зелений корм, соняшник може формувати урожайність до 60 т/га і більше, зелену масу у чистому вигляді чи у сумішах використовують у силосуванні. Силос із соняшнику за поживністю не поступається силосу з кукурудзи і добре поїдається тваринами. 100 кг соняшникового силосу містить 100–150 г протеїну, 40 г

кальцію, 28 г фосфору і 2,58 г каротину (провітаміну А) і відповідає 130–160 корм. од.

У безлісних районах стебла соняшнику можна використовувати на паливо. За спалювання, із золи стебел витягують поташ, який використовують у миловарінні, виробництві кришталевого і тугоплавкого скла, при фарбуванні тканин і навіть, як калійне добриво. Також стебла використовуються для виготовлення паперу.

Насіння соняшника вживають, як у сирому, так і підсмаженому вигляді.

Соняшник є чудовою медоносною рослиною. У фазу цвітіння з 1 га посівів бджоли можуть зібрати до 40 кг меду. Завдяки цьому поліпшується запилення квіток, як наслідок підвищується врожай посівів [7].

У сучасному світовому рослинництві соняшник вирощують практично на всіх континентах. За інформацією ФАО, загальна площа його посівів у світі перевищує 14,5 млн га. Значні посівні площі зосереджені в Україні, Аргентині, США, Китаї, Іспанії, Туреччині, Румунії, Франції та ряді інших країн [122, 11, 25].

Інтенсивне зростання споживання рослинних жирів у світі зумовило істотні зміни у структурі посівних площ. Упродовж першого десятиліття ХХІ століття в аграрному секторі України відбувся помітний перерозподіл земель на користь олійних культур, серед яких соняшник посідає домінуюче місце як одна з найбільш прибуткових та високоліквідних культур [94]. Приваблива закупівельна ціна продукції у поєднанні з відносною невибагливістю культури до ґрунтово-кліматичних умов і технологічних прийомів вирощування стимулює постійне збільшення посівних площ соняшнику. Водночас саме економічна привабливість цієї культури є причиною надмірного її поширення в структурі польових сівозмін [105, 54, 73].

Основна цінність соняшнику полягає у високоякісній олії, яка широко застосовується в харчуванні людини. Її поживна цінність визначається

значним умістом поліненасиченої лінолевої кислоти (55–60 %), що характеризується високою біологічною активністю та сприяє регуляції обміну холестерину в організмі, а також значною часткою сирого протеїну – близько 16,5 % [40, 62]. За харчовою цінністю соняшникова олія перевершує багато інших рослинних олій, оскільки рівень її засвоюваності сягає 86–91 %, а енергетична цінність становить близько 929 ккал [15, 70].

Насіння високоолеїнового соняшнику за своїм хімічним складом має подібні риси з насінням арахісу. До його складу входить комплекс водорозчинних вітамінів, зокрема нікотинова кислота, тіамін (вітамін В<sub>1</sub>), біотин (вітамін Н) та рибофлавін (вітамін В<sub>2</sub>). У стиглому насінні також наявні пігментні сполуки, представлені каротиноїдами (вітамін А), каротинами (провітамін А) і ксантофілами, загальний вміст яких коливається в межах 0,12–16 % [57, 60].

Вона широко використовується у кулінарії, хлібопекарській і кондитерській промисловості, під час виробництва консервів і маргарину. Значне застосування соняшникова олія має і в промисловості – косметичній та медичній промисловості, тоді як її нижчі фракції використовують у виробництві фарб, оліфи, мила та інших технічних виробів. Крім того, соняшник є цінною медоносною культурою, може використовуватися як сидерат або декоративна рослина [14, 50, 69].

Соняшник як кормова культура характеризується високою продуктивністю та здатний формувати до 60,0 т/га і більше зеленої маси. Отриману біомасу використовують для силосування як у чистому вигляді, так і в поєднанні з іншими кормовими культурами. Соняшниковий силос відзначається доброю поїданню тваринами та за поживною цінністю не поступається кукурудзяному силосу. Зокрема, 1 кг силосу з соняшнику містить у середньому 10–15 г протеїну, близько 0,4 г кальцію, 0,28 г фосфору, 25,8 мг каротину та 0,13–0,16 кормових одиниць [91, 37, 89].

Побічні продукти переробки насіння на олію, зокрема макуха, мають високу кормову цінність і активно використовуються у годівлі

сільськогосподарських тварин [146].

Соняшникова макуха характеризується високою кормовою цінністю та містить 38–42 % перетравного протеїну, 20–22 % безазотистих екстрактивних речовин, 6–7 % жиру, близько 14 % клітковини та 6,8 % золи, а також значну кількість різноманітних мінеральних сполук. За енергетичною поживністю 100 кг макухи еквівалентні приблизно 109 кормовим одиницям. Після вилучення олії залишається шрот, який є цінним компонентом раціонів тварин, особливо жуйних, і виступає важливим джерелом білка. Шрот містить у середньому 33–34 % перетравного протеїну та близько 3 % жиру, а його поживність становить близько 102 кормових одиниць у перерахунку на 100 кг продукту [96, 151].

Соняшликове борошно, порівняно з соєвим, відзначається підвищеним умістом клітковини та метіоніну, однак поступається за енергетичною цінністю та вмістом незамінної амінокислоти лізину [107].

Побічна продукція вирощування та переробки соняшнику – поживні рештки (стебла, кошики), а також лушпиння і макуха – широко використовується для виробництва паливних пелет. Їхня теплотворна здатність становить близько 4,5 кВт·год/кг, що приблизно у 1,6 раза перевищує аналогічний показник деревини. Застосування пелет як альтернативного джерела енергії має низку суттєвих переваг. Зокрема, вони є екологічно безпечними та гіпоалергенними, оскільки під час їх виготовлення не використовуються хімічні добавки, здатні забруднювати довкілля. Крім того, пелети характеризуються відносно низькою собівартістю виробництва, що позитивно позначається на їх ринковій ціні, а також зручністю зберігання й транспортування, адже не потребують спеціальних умов [12].

Останнім часом соняшник також активно залучають до виробництва біопалива. Провідні позиції у цій галузі нині займає Бразилія, яка забезпечує за рахунок біопалива близько 40 % власних енергетичних потреб [95, 154, 177]. Окрім цього, соняшникова лузга слугує сировиною

для отримання етилового спирту, кормових дріжджів і фурфуролу, що застосовується у виробництві штучних волокон, пластмас та інших промислових матеріалів [112, 160].

Разом із тим зростаючий попит на соняшник і, відповідно, розширення площ його посівів супроводжується низкою негативних наслідків. Передусім це порушення науково обґрунтованих сівозмін, оскільки в окремих господарствах культуру вирощують навіть у монокультурі. Така практика призводить до деградації ґрунтів, зниження врожайності та погіршення фітосанітарного стану посівів.

## **1.2 Ріст і розвиток рослин соняшнику залежно від удобрення**

У структурі посівних площ України провідне місце належить соняшнику [15, 37, 38, 39], вирощування та переробка якого є важливою складовою агропромислового сектора економіки [17, 21]. Площі соняшника постійно збільшуються, що зумовлено ростом попиту на насіння, олію та продукти переробки (шрот, макуха), останні є цінним кормом для тварин [38, 62].

На врожайність сільськогосподарських культур, в тому числі і соняшника впливає багато чинників. Отримання високого врожаю залежить не лише від технологічних прийомів, а й від рівня відповідності підібраного сорту чи гібриду ґрунтово-кліматичним умовам, а також від погодних умов року [53].

Висока економічна ефективність поряд з неналежним контролем дотримання сівозмін спричинило збільшення посівів соняшника, що в свою чергу призводить до деградації земель, поширення шкідників і хвороб у соняшникових агроценозах, тому перед сучасною наукою постає завдання збільшення обсягів насіння соняшника без значного росту його посівних площ. Одним із методів вирішення даного питання є пошук збільшення врожайності рекомендованих сортів і гібридів [4, 30, 44, 49,

59].

Соняшник належить до культур із високою потребою в елементах живлення, що зумовлено інтенсивним наростанням вегетативної маси, формуванням потужної кореневої системи та значним виносом поживних речовин з урожаєм. Ріст і розвиток рослин соняшнику визначаються насамперед умовами мінерального живлення, що зумовлено високою потребою культури в елементах живлення для формування вегетативної маси, потужної кореневої системи та високого врожаю. Оптимізація системи удобрення є ключовим чинником регулювання темпів росту, проходження фенологічних фаз і реалізації продуктивного потенціалу соняшнику [49, 67].

На ранніх етапах онтогенезу вирішальну роль відіграє фосфор, який стимулює розвиток кореневої системи, формування листкової поверхні та енергетику ростових процесів. Дефіцит фосфору на початкових стадіях призводить до пригнічення росту і зниження потенційної продуктивності. Найбільша потреба соняшнику у фосфорі спостерігається від сходів до цвітіння, при цьому 60–70 % елемента поглинається у період формування кошика та цвітіння [85]. Достатнє фосфорне живлення підвищує посухостійкість, олійність насіння, сприяє закладці генеративних органів і зменшує коефіцієнт водоспоживання [85, 6].

Азот має провідне значення у фазах інтенсивного росту вегетативної маси та формування кошика, забезпечуючи розвиток листкового апарату і підвищення інтенсивності фотосинтезу. Водночас надлишкове азотне живлення може спричиняти подовження вегетації, зниження олійності насіння та підвищення ураженості рослин хворобами [163, 174, 175, 68]. Основна частина азоту і фосфору засвоюється до фази цвітіння, тоді як калій поглинається протягом усього вегетаційного періоду.

Калій виконує регуляторну функцію, беручи участь у водному обміні, ферментативних процесах і підвищенні стійкості рослин до абіотичних стресів. Максимальне споживання калію припадає на період від фази 8–10

листіків до повного цвітіння, коли рослини використовують до 90–100 % його потреби [173]. Попри значний винос калію з урожаєм, ефективність калійних добрив часто поступається азотним і фосфорним через достатнє природне забезпечення ґрунтів цим елементом [26, 80].

У системі живлення соняшнику виділяють три періоди поглинання поживних речовин: від сходів до формування кошика, від бутонізації до цвітіння та від цвітіння до досягання насіння, кожен із яких характеризується специфічним співвідношенням споживання елементів живлення [91]. Збалансоване забезпечення рослин макроелементами сприяє формуванню високої врожайності та якості насіння, тоді як дефіцит або надлишок окремих елементів негативно позначається на продуктивності [114].

Ефективність мінерального живлення підвищується за поєднання з органічними та мікробіологічними препаратами, які активізують ґрунтову мікробіоту, покращують доступність поживних речовин і стимулюють ростові процеси. У період наливу й досягання насіння особливого значення набуває збалансованість живлення, оскільки порушення забезпеченості елементами на цьому етапі зумовлює зниження маси 1000 насінин і олійності врожаю [82].

Подальше підвищення ефективності вирощування соняшнику в умовах інтенсивного землеробства пов'язане з удосконаленням системи живлення, коригуванням норм мінеральних добрив і їх екологічно обґрунтованим застосуванням, що впливає як на продуктивність культури, так і на агроекологічний стан ґрунтів [93, 97, 123, 47, 46].

Фон живлення є одним з найголовніших складових у технології вирощування культури, який може нівелювати отримання майбутнього врожаю. Внесення добрив підвищує вміст доступних рослинам елементів мінерального живлення у ґрунті. Внаслідок чого змінюється хімічний склад ґрунту та його властивості. поліпшення мінерального живлення має позитивний вплив на фотосинтез, також поліпшується ріст рослин [14, 16,



22, 55]. Наявність елементів мінерального живлення в ґрунті в оптимальній кількості сприяє підвищенню продуктивності рослин та поліпшенню якості насіння.

Порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами соняшник дуже вибагливий до поживного режиму ґрунту. Особливу увагу варто приділити доступності калію.

Вивчення залежності між вмістом NPK в ґрунті та ефективністю застосування добрив встановило, що її не існує відносно азоту і калію, на відміну від фосфору. Так, за вмісту  $P_2O_5$  до 200 мг/кг ґрунту оптимальна доза становить  $N_{40}P_{60}$ , за вмісту 200–240 мг –  $N_{20}P_{30}$ , вище 240 мг на 1 кг ґрунту соняшник не реагує на внесення добрив [42].

На формування 1 т врожаю соняшника з ґрунту виноситься 65 кг азоту, 27 кг  $P_2O_5$  і 155 кг  $K_2O$ . Однак, незважаючи на високу потребу в калію, на чорноземних ґрунтах він більшою мірою потребує азотних і фосфорних добрив. За можливості вирощування соняшника на зрошенні кращі результати забезпечує доза  $N_{60}P_{120}K_{60}$  [19, 60].

Урожайність сільськогосподарських культур відноситься до показників, що визначається густотою стояння рослин та їх продуктивністю.

Одними з важливих завдань сьогодення є показник продуктивності рослини, як чинник, на який можна впливати упродовж періоду вегетації культури; питання оцінювання причин зміни індивідуальної продуктивності рослин за різних технологічних прийомів; визначення та розробка системних підходів управління продуктивністю рослин.

Навіть за умов високого агрофону можливе значне зниження врожайності внаслідок вразливості рослини на певних фазах росту й розвитку в поєднанні з несприятливими погодними умовами. Тому для сприяння більш повного використання посівами соняшнику всіх умов вирощування, важливим є оптимізація технології вирощування відповідно до фаз органогенезу та кліматичних умов вирощування [4, 16, 20, 34, 43].

Вагомим параметром для управління врожайністю є показник густоти. Завдання збільшення густоти посівів соняшнику, як основної складової структури врожаю, можливе зміною морфотипу рослин використанням генів короткостебельності та карликовості, або змін архітекτονіки посіву використанням генотипів із еректоїдним розташуванням листків [30].

Поряд із підвищенням урожайності, важливою умовою є поліпшення якісних показників. Дослідження з густотою проводили переважно з метою підвищення та стабілізації показників кількості й якості врожаю. Так, у дослідях з вивчення впливу густоти і ширини міжрядь на врожайність соняшнику і його якість на прикладі двох гібридів, але різної групи стиглості, встановлено, що підвищення загущення посіву призводить до зниження врожайності. Показник лущинності майже не змінювався, а от показник олійності був найбільшим у варіантах з вищою врожайністю [2].

Вчені вивчали вплив технологічних прийомів на врожайність та якісні показники насіння соняшнику та встановили ефективність від дотримання сівозмін. Підкреслено вплив застосування листових підживлень посівів на тлі різних варіантів обробітку ґрунту [50]. Також вивчення залежності продуктивності соняшнику від способів обробітку ґрунту, гербіцидного захисту посівів та зволоження розглянуто в роботах Р. А. Вожегової зі співавторами [3].

Досліджуючи вплив систем живлення, встановлено, що застосування складних добрив збільшує, як урожайність, так і умовний вихід олії з одиниці площі посіву, а от застосування лише азотних добрив сприяє підвищенню врожайності, але знижує олійність насіння [22].

Дослідження впливу системи удобрення соняшнику в умовах недостатнього зволоження встановлено, що застосування біопрепаратів та добрив призводить до зростання маси тисячі насінин та врожайності соняшнику [16].

Дослідженнями низки учених встановлено, що збільшення площі живлення рослин призводить до зниження вмісту жиру в насінні [23, 24, 25, 36, 57]. Також встановлено, що норма висіву мала неістотний на олійність насіння [6, 40, 41, 51].

Вчені встановили, що недостатня густота посівів (менше ніж 35 тис/га) так само, як і надмірна (більш як 60 тис/га) зменшує вміст олії у насінні [46]. Подібні дані отримано в дослідках О. Є. Турчинова, на загущених посівах ранньостиглих гібридів соняшнику відмічалось зменшення вмісту олії, а на середньостиглих – збільшення [54].

Застосування позакорневих підживлень упродовж вегетації рослин соняшника призвело до подовження фотосинтетичної активності, як наслідок відбулося підвищення врожайності внаслідок зменшення пустозернистості та підвищення маси тисячі насінин [29].

Встановлено, що низка причин, а саме: неправильно підібраний попередник, недотримання сівозміни, нехтування заходами з накопичення вологи у ґрунті, неправильно підібраний строк сівби, забур'яненість, неправильна система живлення, невірно підібрана густота та неякісне запилення посівів призводять до невиповненості та малого розміру кошика. Особлива увага приділена наявності достатньої кількості комах запилювачів та їх ролі в запиленні і підвищенні врожайності соняшника [1].

Нині відстежується зменшенням популяції комах запилювачів у зв'язку широкого застосування засобів захисту, в результаті чого постає потреба впровадження прийомів, які стимулюватимуть зав'язування плоду підвищенням рівня запилення. Встановлено, що за утворення зав'язі відповідають фітогормони гіберелін та ауксин, тому обробка синтетичними їх аналогами у фазу кінець бутонізації – початок цвітіння усуватиме негативний ефект недостатнього запилення.

У дослідженнях шляхів підвищення врожайності соняшнику завдяки застосуванню позакорневих підживлень мікродобривами і

біопрепаратами у критичні фази розвитку росли (у фази 5–7 листків та бутонізації), встановлено, що позакореневе підживлення мікродобривами збільшує розмір кошиків і кількість повноцінного насіння, також зростає натура та маса 1000 насінин, підвищується вміст олії у насінні [27].

Дослідження впливу різних модифікацій органічного землеробства та окремих його складових, а саме позакореневого підживлення хелатними мікродобривами на архітектуру та функціональні властивості асиміляційного апарату соняшнику, встановили позитивний вплив досліджуваних прийомів, що вплинуло на збільшення індексу облистяності, площі листової поверхні та показнику фотосинтетичної активності [11].

Варто відмітити важливість позакорневих підживлень саме в найбільш вразливій фазі розвитку. Так, для соняшника це фази 6–8 листків та бутонізації. Саме в ці періоди особливо гостро відчувається потреба соняшника в елементах живлення. У фазу 2–3 пари листків проходить активний ріст і розвиток кореневої системи, яка забезпечуватиме рослину елементами живлення, внаслідок чого рослини активно ростуть і розвиваються. Підживлення у фазу бутонізації має позитивний вплив на формування квіток, також сприяє їх кращому запиленню.

При вивченні питання підвищення врожайності соняшнику оптимізацією його живлення, встановлено, що навіть за органо-мінеральної системи удобрення за вирощування соняшника, особливе значення має позакореневе підживлення мікродобривами у критичні фази розвитку – у фази 2–3 пари листків і бутонізації. Вчасне усунення дефіциту елементів живлення позитивно позначилося на врожайності і якісних показниках продукції [8].

Дослідженнями О. В. Ступенко особливостей живлення соняшнику та важливості проведення своєчасного підживлення, також встановлено важливість позакореневого підживлення соняшнику у відповідні фази розвитку (а саме 2–3 пари листків та бутонізацію) [47].

Ще одними дослідженнями із впливу підживлення біологічно активними речовинами встановлено стимулювальну дію препаратів на ріст і розвиток рослин, а саме на збільшення площі листкової поверхні, підвищення адаптивної здатності рослин сояшника до несприятливих умов, врожайності та поліпшення показників якості [45].

Літературні джерела мають безліч матеріалів, які вказують на постійне дослідження питання вдосконалення складових технології вирощування сояшнику, строків сівби, густоти, ширини міжрядь, особлива увага приділяється вивченню питання живлення з метою збільшення врожайності та поліпшення якості отриманої продукції. Виходячи з цього, є необхідність дослідження їх ефективності для підвищення продуктивності посівів сояшнику в умовах Степу і Лісостепу України.

Результати багаторічних наукових досліджень свідчать, що оптимальні середні норми мінерального живлення сояшнику становлять  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Водночас за скорочення періоду повернення культури на попереднє поле вирощування рекомендовані розрахункові дози добрив можуть збільшуватися у 1,5–2 рази з метою компенсації підвищеного винесення поживних речовин із ґрунту [126].

Сояшник характеризується специфічними вимогами до мінерального живлення, які змінюються залежно від етапу онтогенезу. Для формування 100 кг насіння, за даними окремих дослідників, культура споживає 1,8–3,5 кг азоту (N), 0,27–0,29 кг фосфору ( $P_2O_5$ ) та 0,38–1,65 кг калію ( $K_2O$ ), тоді як інші автори наводять вищі показники – 4–6 кг азоту, 1,5–2,3 кг фосфору і 7,5–12 кг калію. Саме в період формування насіння сояшник використовує від 50 до 90 % загальної потреби в поживних елементах [98, 59, 61].

За даними Дуца М. та ін. [22], система удобрення високоолеїнового сояшнику має будуватися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, агротехнічних заходів і біологічних особливостей культури, оскільки саме

ці чинники визначають ефективність використання поживних речовин рослинами. Автори наголошують, що ключову роль у формуванні ростових процесів відіграють азот, фосфор і калій, дефіцит яких призводить до пригнічення розвитку рослин.

Гуцол Г. В. і Мазур О. В. [106] встановили, що мінеральні добрива подовжували вегетаційний період соняшнику на 3–10 діб, найбільше – за норми  $N_{90}P_{45}K_{45}$ . Найінтенсивніший ріст рослин і максимальну висоту (180 см у фазу цвітіння) забезпечував підвищений рівень азотного живлення. Найвищу польову схожість (до 92,0 %), густоту посівів (68 тис. рослин/га) та збереженість рослин отримано за удобрення  $N_{45}P_{45}K_{45}$  у поєднанні з вапнуванням, тоді як на контролі ці показники були найнижчими. Водночас поєднання добрив із вапнуванням сприяло підвищенню забур'яненості посівів на початкових етапах росту.

За результатами досліджень [147] встановлено, що оптимізовані дози мінеральних добрив у поєднанні з передпосівною обробкою насіння регулятором росту «АКМ» забезпечували максимальний ріст і розвиток соняшнику. Добрива підвищували висоту рослин на 5–26 см, «АКМ» — на 1–17 см, а найбільший діаметр стебла (до 3,0 см) і кількість листків сформувалися у варіанті  $N_{115}P_{15}K_{120}$  + «АКМ». Площа листової поверхні істотно зростала, особливо за посушливих умов (на 29,4 %), і перебувала в середньому кореляційному зв'язку з урожайністю ( $r = 0,547$ ).

За даними авторів [120], діаметр кошика соняшнику залежав від умов вирощування і коливався в межах 19,6–22,8 см. Максимальний показник (22,8 см) отримано за поєднання мінеральних добрив і біопрепарату, що на 23,7 % перевищувало контроль. Внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  збільшувало діаметр кошика до 20,3 см, а інокуляція насіння біопрепаратом Альсім – до 19,6 см. Маса насіння з одного кошика була найменшою на контролі (55,2 г) і зростала на 7,6 г за внесення мінеральних добрив та на 5,1 г за застосування біопрепарату. Мінеральні добрива забезпечували більший приріст маси 1000 насінин (+8,3 г), ніж інокуляція біопрепаратом (+7,6 г).

Найвищі значення маси насіння з кошика (67,5 г) і маси 1000 насінин (62,3 г) сформувалися за сумісного застосування добрив і біопрепарату.

За результатами досліджень встановлено [78], що застосування мінеральних добрив у різних нормах позитивно впливало на формування діаметра кошика у гібридів соняшнику. Зокрема, порівняно з варіантом без удобрення, використання мінерального живлення забезпечувало збільшення діаметра кошика на 0,7–1,4 см.

За даними досліджень [161], внесення добрив істотно підвищувало висоту рослин соняшнику. У гібриду Оскіл максимальна висота (154 см) зафіксована за поєднання припосівного внесення  $P_{15}$  з основним удобренням  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , що на 8 см перевищувало контроль без добрив. У гібридів РЖТ Волльф, Альзан, ЕС Белла та Лайм зі збільшенням норм удобрення висота рослин зростала відповідно до 175,2; 169,6; 169,9 та 163,8 см, причому ЕС Белла й Альзан мали подібні показники, а гібрид Лайм характеризувався найменшою висотою рослин.

На думку Ryzhenko A. S. та ін. [63], система удобрення істотно впливає на формування діаметра кошика високоолеїнового соняшнику. Застосування азотних добрив сприяє його збільшенню, оскільки азот є визначальним елементом росту та розвитку вегетативних і генеративних органів. Дефіцит азоту в ґрунті обмежує ріст рослин і може зумовлювати зменшення розміру кошика, що підтверджується результатами досліджень.

Значну увагу сучасні дослідники приділяють поєднанню мінерального живлення з біологічними препаратами. За даними Nobile C. M. та ін. [56], використання елементів точного землеробства та мікробних препаратів сприяє підвищенню ефективності засвоєння поживних речовин і позитивно впливає на ріст рослин. Аналогічні результати отримано в дослідженнях [81], де поєднання органо-мінеральної системи удобрення з інокуляцією насіння забезпечувало інтенсивніше наростання біомаси та збільшення врожайності соняшнику.

Sefaoglu F. [66] встановив, що поєднання азотних добрив із

біогумусом істотно покращує ріст рослин і забезпечує максимальну врожайність соняшнику – до 4,85 т/га, що підтверджує ефективність інтегрованих органо-мінеральних систем живлення.

Соняшник характеризується здатністю формувати добре розвинену листову поверхню, площа якої досягає максимальних значень у фазу цвітіння. У ході досліджень встановлено поступове зростання цього показника залежно від рівня мінерального живлення: від 31,7 тис. м<sup>2</sup>/га на контрольному варіанті без внесення добрив до 40,1 тис. м<sup>2</sup>/га за фону N<sub>30</sub>P<sub>45</sub> у поєднанні з препаратом Хелафіт Комбі та до 45,8 тис. м<sup>2</sup>/га за застосування N<sub>60</sub>P<sub>90</sub> разом із Хелафіт Комбі [91].

Застосування добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> сприяло суттєвому збільшенню площі листя соняшнику, середній приріст якої становив 5,9–13,0 дм<sup>2</sup>. За умов повного удобрення (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>30</sub>) цей показник перевищував контроль у 1,3–1,5 раза та досягав 14,6–23,8 дм<sup>2</sup> [162].

Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. [100] встановлено, що найбільший діаметр стебла було отримано в усіх гібридів соняшнику, у варіанті із внесенням максимальної дози добрив – N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>180</sub> з показниками, які варіювали від 3,13 до 3,26 см. Максимальні значення кількості листків на рослинах соняшнику було отримано на варіантах гібриду РЖТ Волльф за внесення N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>180</sub> – 24,2 шт. Зі зростанням доз добрив спостерігалось зростання кількості листків на рослинах соняшнику. Варто зазначити, що різниця у показниках між варіантами удобрення N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>180</sub> та N<sub>100</sub>P<sub>65</sub>K<sub>150</sub> була незначною.

Зокрема, результати досліджень Білітюка М. Ю. та Хоміної В. Я. [92] засвідчили, що проведення лише одного позакореневого підживлення борвмісними добривами у фазі 3–6 листків забезпечувало збільшення середнього діаметра стебла соняшника приблизно на 20 %.

Отже, ріст і розвиток рослин соняшнику тісно пов'язані з рівнем і структурою удобрення. Рациональне поєднання азотних, фосфорних і калійних добрив, доповнене застосуванням органічних і мікробіологічних



препаратів, забезпечує оптимальні умови для проходження основних етапів органогенезу, формування потужного асиміляційного апарату та реалізації генетичного потенціалу культури. Це, у свою чергу, створює передумови для отримання стабільних і високих урожаїв соняшнику з належними показниками якості.

### **1.3 Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від удобрення**

Рівень урожайності соняшнику формується під впливом сукупності природних і технологічних чинників, серед яких визначальними є погодні умови, агрохімічні властивості та поживний режим ґрунту, попередники в сівозміні, система обробітку ґрунту, своєчасність проведення агротехнічних заходів, рівень захисту посівів, а також біологічні особливості сортів і гібридів. Водночас система удобрення займає провідне місце серед керованих факторів підвищення врожайності та якості насіння соняшнику [111, 8].

Ефективність мінерального живлення значною мірою залежить від його узгодженості з іншими елементами технології вирощування, зокрема застосуванням регуляторів росту та антистресових препаратів. В умовах кліматичних змін, обмеженого зволоження та зростання частоти абіотичних стресів такі засоби сприяють підвищенню адаптивності рослин і покращенню реалізації потенціалу мінеральних добрив [19, 39]. Тому оптимізація систем удобрення соняшнику в зоні недостатнього зволоження України залишається актуальним науковим завданням і потребує комплексних досліджень, спрямованих на стабілізацію врожайності та якості продукції [167, 56].

Науково обґрунтована система удобрення має бути спрямована на отримання стабільно високих урожаїв соняшнику з оптимальними показниками якості насіння та одночасне збереження й підвищення

родючості ґрунтів. Важливим аспектом при цьому є оптимізація співвідношення елементів живлення та форм добрив, оскільки за однакових доз діючої речовини різні види добрив можуть суттєво відрізнятися за ефективністю дії [152, 5]. Це зумовлено особливостями засвоєння поживних елементів рослинами та їх взаємодією з ґрунтовим середовищем.

Таким чином, підвищення урожайності та якості насіння соняшнику можливе лише за умови комплексного підходу до системи удобрення, що базується на врахуванні агрохімічних властивостей ґрунту, фізіологічних потреб рослин і поєднанні мінерального живлення з іншими елементами технології вирощування [150, 53].

Качанова Т. з авторами [36] встановили, що підвищений рівень мінерального живлення ( $N_{90}P_{90}K_{60}$ ) істотно збільшує врожайність соняшнику. Порівняно з нормою  $N_{30}P_{40}K_{30}$ , приріст урожайності становив 24,1 % у гібриду Кадет, 33,3 % – у Гектора та 28,0 % – в Оплота, що підтверджує вирішальну роль оптимального мінерального живлення у формуванні врожаю, особливо в умовах дефіциту вологи.

Маслійов С. В. та співавт. [147] встановили, що найвищу врожайність соняшнику (27,4 ц/га) забезпечило застосування діамофоски. За використання Agristart ActiBION та за традиційної системи удобрення (амофос 60 кг/га + аміачна селітра 60 кг/га) урожайність була подібною і становила 26,1–26,4 ц/га. Мінімальний рівень врожаю зафіксовано на контролі без добрив – 16,6 ц/га.

Встановлено [51], що внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{46}P_{50}K_{50}$  забезпечувало формування врожайності соняшника на рівні 3,97 т/га. Подальше збільшення дози добрив у 1,5 раза сприяло істотному зростанню продуктивності культури, внаслідок чого врожайність підвищувалася до 4,81 т/га.

Наг М. Т. [34] встановив, що на супіщаних добре дренованих ґрунтах Бангладешу поетапне внесення добрив забезпечує стабільне підвищення

врожайності соняшнику. Найвищий урожай – 2,39 т/га – отримано за комплексного застосування мінеральних і мікроелементних добрив, що на 0,49 т/га перевищувало контроль без удобрення.

Handayati W., Sihombing D. [30] встановили, що оптимальна норма удобрення  $N_{150}P_{75}K_{50}$  забезпечувала максимальну врожайність соняшнику – 2,74 т/га, тоді як підвищення дози калію до 75 кг/га знижувало врожайність приблизно на 0,2 т/га.

Crista F. [13] показав, що поєднання азотно-фосфорних добрив із мікроелементами, зокрема бором, підвищує врожайність соняшнику до 3,7 т/га.

Hanhur V. V. [31] довів, що найвищу врожайність високоолеїнового соняшнику забезпечувала норма  $N_{94}P_{48}K_{48}$ , тоді як максимальна олійність формувалася за  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ; збільшення азоту з  $N_{80}$  до  $N_{94}$  знижувало олійність насіння на 1,26 %.

Губенко Л. В. [104] довів, що максимальний рівень урожайності насіння соняшнику – 3,94 т/га – зафіксовано за умов полицевого обробітку ґрунту (оранка на глибину 22–25 см) у поєднанні з внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{150}P_{110}K_{180}$ , що на 1,14 т/га перевищувало показники контрольного варіанту. За застосування мілкового обробітку ґрунту на глибину 10–12 см за аналогічного рівня удобрення врожайність насіння знижувалася на 0,45 т/га, тоді як за нульового обробітку ґрунту зменшення врожайності становило 0,06 т/га порівняно з варіантом оранки.

У роботі Гангура В. В. [99] встановлено, що найвищі показники врожайності гібридів соняшнику Політ (2,0–2,81 т/га), Початок (2,94 т/га) і Каменяр (3,02 т/га), а також підвищену олійність насіння (відповідно 55,7 %, 53,6 % і 54,5 %) отримано у варіанті, де під основний обробіток ґрунту вносили мінеральні добрива в нормі  $N_{32}P_{32}K_{32}$ , а у фазу 4–5 пар справжніх листків проводили позакореневе підживлення препаратами Органік-Баланс (0,5 л/га) у поєднанні з Липосамом (0,5 л/га)

За результатами досліджень Casali B. та ін. [8], поєднання органічних і

мінеральних добрив є одним із найбільш ефективних підходів до підвищення продуктивності високоолеїнового соняшнику. Водночас досягнення стабільно високої врожайності потребує оптимізації поживного режиму ґрунту відповідно до біологічних потреб культури та одночасного підтримання рівня ґрунтової родючості.

Giannini V. та ін. [29] показали, що органічні добрива забезпечують пролонговане живлення соняшнику завдяки поступовому вивільненню NPK, тоді як мінеральні добрива швидко компенсують дефіцит поживних елементів.

Jan A. U. та ін. [35] обґрунтували доцільність стартового внесення фосфорно-калійних добрив (80–120 кг/га суперфосфату та 60–80 кг/га KCl) і подальших азотних підживлень (до 150 кг/га аміачної селітри або 200 кг/га карбаміду), що підвищує кількість насіння та продуктивність високоолеїнового соняшнику.

Kovalenko O. та ін. [41] встановили, що в умовах Південного Степу України високоолеїновий соняшник здатний формувати високий рівень урожайності за науково обґрунтованих норм мінерального живлення.

Li B. та ін. [44] встановили, що вплив удобрення на якість насіння та вміст олії соняшнику значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов і генетичних особливостей високоолеїнових гібридів, що зумовлює необхідність індивідуалізації систем удобрення та подальших досліджень механізмів накопичення сирого жиру й олеїнової кислоти.

Встановлено [168], що позакореневі підживлення на фоні мінерального удобрення істотно підвищують урожайність і якість насіння соняшнику. За застосування Росліну з карбамідом (10 кг/га) або гумату калію (0,4 л/га) на фоні  $N_{32}P_{32}K_{32}$  урожайність гібридів Кадет, Ярило та Вирій становила 2,69–3,18 т/га, що на 0,32–0,47 т/га перевищувало контроль.

За зниженого рівня мінерального живлення ( $N_{12}P_{52}$ ) у поєднанні з позакореневими підживленнями врожайність досягала 2,55–3,01 т/га

(+0,14–0,30 т/га до контролю). Найвищу олійність насіння у гібридів Кадет і Ярило (51,4 %) забезпечувало внесення гумату калію на фоні  $N_{32}P_{32}K_{32}$ , тоді як у гібриду Вирій максимальний вміст олії (51,0 %) формувався за застосування карбаміду на фоні  $N_{12}P_{52}$ .

Дослідження, проведені Тоцьким В. М. та Поляковим О. І. [169], показали, що в умовах Лівобережного Лісостепу України найвищі показники врожайності гібридів соняшнику були отримані за внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{90}$ .

Загалом застосування різних норм мінерального живлення сприяє зростанню врожайності соняшнику на 0,16–0,43 т/га, що підтверджує важливу роль оптимізованого удобрення у формуванні продуктивності культури [179].

Отримані результати досліджень [172] свідчать про виражений позитивний вплив мінеральних добрив на рівень урожайності та якісні показники насіння соняшнику. Застосування мінерального живлення забезпечує формування врожаю на рівні 3,5–4,5 т/га та сприяє підвищенню вмісту олії в насінні до 49–52 %.

У середньому за роки досліджень [148] застосування мінеральної системи удобрення у поєднанні з мікробним препаратом забезпечило приріст урожаю соняшнику на 0,24 т/га, тоді як за аналогічної системи без використання мікробних препаратів підвищення врожайності становило 0,27 т/га. За орґано-мінеральної системи удобрення приріст урожаю досягав 0,45 т/га, а її поєднання з мікробним препаратом сприяло максимальному збільшенню врожайності – до 0,51 т/га.

У ґрунтово-кліматичних умовах зони Полісся, на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах, досліджувані гібриди формували найвищу врожайність за застосування фосфорно-калійних добрив у поєднанні з азотним живленням у вигляді сечовини в дозі  $P_{55}K_{55} + N_{46}$  [45].

За даними Мynkin M. V. [52], передпосівне внесення азотно-фосфорних добрив у нормі  $N_{90}P_{90}$  забезпечило найвищу врожайність

насіння соняшнику – 15,9–27,3 ц/га. Урожайність на цьому варіанті перевищувала неудобрений контроль на 45,9–48,8 %, а варіант із дозою  $N_{45}P_{45}$  – на 19,0–27,0 %. Подальше збільшення норми добрив до  $N_{135}P_{135}$  не забезпечувало додаткового приросту врожаю, що свідчить про недоцільність надмірного азотно-фосфорного удобрення.

Встановлено [79], що найбільше підвищення врожайності гібридів соняшнику та виходу олії з одиниці площі порівняно з контролем забезпечувало внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{32}P_{32}K_{32}$  у поєднанні з позакореневим підживленням карбамідом (10 кг/га у фізичній масі) у фазу 5–6 пар листків. Водночас максимальні показники олійності насіння зафіксовано у варіантах, де основним добривом застосовувався амофос у нормі  $N_{12}P_{52}$ .

Одним із ключових показників продуктивності посівів соняшнику є вихід олії з одиниці площі, який формується під впливом рівня урожайності насіння та його олійності, що змінювалися залежно від варіантів досліду [55]. Встановлено, що незалежно від способу обробітку ґрунту максимальний збір олії з гектара забезпечувало внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{150}P_{110}K_{180}$  – 1,77 т/га.

Дослідження Гарбар Л. А. та Кнап Н. В. [101] довели доцільність застосування мікродобрив на фоні мінерального живлення, що підвищує врожайність і якість насіння соняшнику. Найвищу врожайність гібрида СІ Купава (3,46 т/га) отримано за системи удобрення  $N_{36}P_{56}K_{108}S_{28} + N_{23}$  у поєднанні з дворазовим позакореневим підживленням мікродобривом Еколайн Бор (1 л/га). За цих умов також зафіксовано максимальний вміст олії в насінні (51,1 %) і найвищу концентрацію олеїнової кислоти (77,2 %), що підтверджує ефективність борвмісних добрив для покращення якості соняшникової олії.

Встановлено, що застосування добрив позитивно впливає на показники олійності соняшнику. Упродовж років досліджень на варіантах без удобрення вміст олії в насінні становив 44,5–45,2 %. Поєднання

внесення гною в нормі 15 т/га з мінеральними добривами забезпечувало підвищення олійності до 45,3–48,6 %. Вихід олії на неудобрених ділянках залежно від гібриду коливався в межах 768–1134 кг/га, тоді як за післядії добрив цей показник зростав до 947–1566 кг/га [118]. Крім того, використання регулюючих препаратів у зоні Північного Степу України сприяло додатковому підвищенню олійності насіння на 3–8 та 4–6 відсоткових пунктів відповідно [176].

У ході досліджень Totsky et al. встановлено [77], що вміст олії в насінні соняшнику істотно залежав як від рівня мінерального живлення, так і від виду позакореневого підживлення. Найвищі показники виходу олії з одиниці площі було отримано за поєднання основного внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{32}P_{32}K_{32}$  із проведенням позакорневих обробок посівів соняшнику, що забезпечило рівень продуктивності 1,23–1,42 т/га.

Дослідження Flagella Z. та ін. [24] засвідчили, що норми та співвідношення елементів мінерального живлення по-різному впливають на вміст сирого жиру в насінні та концентрацію олеїнової кислоти в олії. Зокрема, азотно-фосфорні добрива можуть сприяти підвищенню вмісту сирого жиру, тоді як калійні – збільшенню частки олеїнової кислоти.

Подібні результати наведено у працях Domaratskiy E.O. та ін. [20], де встановлено, що комплексне застосування азотних, фосфорних і калійних добрив підвищує як вміст сирого жиру в насінні, так і концентрацію олеїнової кислоти в соняшниковій олії. Водночас Deepika P. та Ali D. M. [16] повідомляють, що азотні добрива можуть стимулювати накопичення жиру, тоді як фосфорні – за певних умов знижувати його вміст.

Встановлено [90], що вміст жиру в насінні соняшнику визначався генотипом гібридів, рівнем мінерального живлення, застосуванням ретарданту та погодними умовами вегетації. У гібридів РЖТ Волльф і Альзан підвищення дози добрив до  $N_{80}P_{50}K_{120}$  сприяло зростанню олійності, тоді як подальше збільшення норм призводило до її зниження.

Для гібридів ЕС Белла та Лайм оптимальною була норма  $N_{60}P_{35}K_{90}$ , за якої формувався найвищий вміст жиру. Максимальну олійність (51,4 %) отримано у гібриду РЖТ Волльф за внесення  $N_{80}P_{50}K_{120}$ . Застосування ретарданту Сетар забезпечувало додаткове, але незначне підвищення вмісту жиру на 0,1–0,6 % залежно від гібриду та варіанта удобрення.

Маса 1000 насінин є ключовим показником якості та продуктивності соняшнику. За даними Турака Р. О. [171], повне мінеральне удобрення підвищувало цей показник у більшості гібридів. Так, у гібрида Вольф маса 1000 насінин зросла до 63,7 г, що на 5,5 г більше порівняно з контролем, у гібрида Конді – з 56,6 до 62,3 г. Найбільшу реакцію на удобрення виявив гібрид Арізона: приріст становив 14,5 г (з 48,5 до 63,0 г), що свідчить про його високий потенціал за оптимального живлення. Натомість гібрид Бельведер характеризувався відносною стабільністю показника (55,8–60,1 г) і слабкою чутливістю до інтенсифікації удобрення.

Встановлено [159], що вплив припосівного удобрення та підживлення на масу 1000 насінин залежав від гібриду соняшника. У гібрида Оскіл на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  найвищий показник забезпечило поєднання внесення добрив при сівбі та азотного підживлення: у варіанті  $P_{15} + N_{30}$  маса 1000 насінин була більшою на 3,5 г порівняно з  $P_{15} + N_{30}P_{30}K_{30}$ . У гібрида Богун застосування добрив при сівбі та в підживлення підвищувало масу 1000 насінин на 2,1 г ( $P_{15} + N_{30}P_{30}K_{30}$ ), 2,5 г ( $P_{15} + N_{30}$ ) та 1,7 г ( $N_{30}$ ) відносно контролю без удобрення.

Автори [33] стверджують, що максимальну масу 1000 насінин гібриди Політ 2, Початок і Каменяр формували за поєднання мінерального удобрення  $N_{32}P_{32}K_{32}$  з позакореневим підживленням біопрепаратами Органік-баланс (0,5 л/га) + Липосам (0,5 л/га) – відповідно 49,8; 47,7 і 39,8 г. Застосування лише мінеральних добрив або тільки позакореневого підживлення знижувало масу 1000 насінин у гібридів Політ 2 і Початок на 2,2–3,6 %, тоді як у гібрида Каменяр цей показник залишався стабільним, а різниця між варіантами не перевищувала 1 %.



Результати проведених досліджень [21] свідчать про істотне зростання вмісту хлорофілу в рослинах сояшнику за впливу мінеральних добрив і біологічних препаратів. Найвищий рівень цього показника зафіксовано у варіанті із застосуванням препарату Фітомаре на фоні мінерального живлення  $N_{60}P_{90}$ , де вміст хлорофілу досягав 8,97 мг/г сухої речовини, що на 73 % перевищувало відповідний показник у контрольному варіанті без використання добрив і препаратів.

Дослідження Черно О. Д. та Усатюк О. В. [178] засвідчили суттєвий вплив системи удобрення на масу насіння з однієї рослини сояшнику. У середньому за три роки без добрив вона становила 63,3 г, тоді як внесення мінеральних добрив у дозах  $N_{30-60}P_{30}K_{30}$  підвищувало показник до 79,3–86,2 г, що відповідало приросту на 25–36 %. Поєднання мінерального удобрення з мікродобривами та препаратом Вимпел 2 забезпечувало масу насіння 78,7–83,2 г, перевищуючи контроль майже на третину. Найвищі значення зафіксовано у 2023 і 2025 роках (67,2–96,0 г), тоді як у менш сприятливому 2024 році маса насіння знижувалася до 51,6–72,2 г залежно від варіанта удобрення.

Отже, система удобрення є провідним керованим чинником формування врожайності та якості насіння сояшнику. Оптимальні норми й збалансовані співвідношення макро- та мікроелементів забезпечують істотне підвищення врожайності й олійності насіння.

Максимальний ефект можливий лише за комплексного, науково обґрунтованого підходу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей гібридів. При цьому дослідження свідчать, що провідну роли має застосування азотних добрив у складі повного мінерального добрива, незважаючи, що сояшник – калієфільна культура. Крім цього, необхідно враховувати погодні умови вегетаційного періоду, особливо, запаси вологи перед сівбою сояшника. Ірраціональне застосування добрив може знівелювати виробництво врожаю насіння сояшника. Тому для нових гібридів сояшнику в умовах постійних змін

погодних умов дослідження удобрення цієї культури є актуальним.

Результати аналізування джерел літератури опубліковано в праці [139].

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Формування продуктивності сільськогосподарських культур, у тому числі й соняшнику, залежить не лише від агротехнології, а й від ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування. Детальний їх аналіз дозволяє знайти певні їх складові, що можуть суттєво впливати на ріст і розвиток рослин та особливості формування врожаю та показники його якості в певних умовах [157].

Дослідження проводилися впродовж 2023–2025 рр. на дослідному полі Уманського національного університету, що територіально розміщується в м. Умань Черкаської обл. з географічними координатами 48°46' північної широти і 30°14' східної довготи. Воно розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції [153]. У межах України лісостепова ґрунтово-кліматична зона є перехідною від чорноземно-степової до лісо-лучної. Вона поділяється на три підзони: Правобережно-Дніпровську, Лівобережно-Дніпровську та Прикарпатську.

Підзона Правобережного Лісостепу є однією із найбільш продуктивних за агробіологічним потенціалом. Ґрунтовий покрив зони сформований ґрунтоутворювальними породами лесами і лесовидними суглинками, досить строкатий – ясно-сірі лісові ґрунти – 3,8 %, сірі лісові – 11,3, темно-сірі опідзолені – 13, чорноземи опідзолені – 21,6, чорноземи типові – 36,5, лучно-чорноземні – 2,8 і лучні ґрунти – 3,5 % [155].

Рельєф дослідного поля розміщене на підвищеному, вирівняному плато на висоті 245 м над рівнем моря. Воно утворилося на вододілі південно-східної і північно-західної експозицій. Поверхня плато

вирівняна, має незначний нахил – менше ніж 2–3°. Поверхневого стоку талих і атмосферних вод зазвичай не спостерігається, тому змиву ґрунту майже не відбувається. Підземні води залягають на глибині 20 м і глибше, тому їх вплив на водоспоживання сільськогосподарських культур, формування будови і властивостей ґрунту майже відсутній. Волога в цьому регіоні є лімітувальним чинником формування високих врожаїв. Поповнення запасів ґрунтової вологи відбувається лише завдяки атмосферним опадам.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим важкосуглинкового гранулометричного складу, що сформувався на лесі (за класифікацією FAO/WRB, 2014 – Phaeosems). За своїми генетичними властивостями він займає проміжне місце між чорноземом типовим і темно-сірим опідзоленим ґрунтом [156]. Тому, одержані в польових дослідках на чорноземі опідзоленому дані можуть бути поширені й на ці підтипи чорноземних ґрунтів.

Отже, чорнозем опідзолений досліджу має сприятливі агрохімічні та фізико-хімічні властивості і є придатним для вирощування зернових культур за умови достатнього вологозабезпечення, мінерального живлення рослин, температурного режиму та інших чинників. За належної агротехнології він здатний забезпечити отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.

Клімат регіону, де проводились дослідження, за даним метеостанції Умань, розміщеної за два км від стаціонарного досліджу, клімат регіону за тепловим режимом помірно-середньо-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухим влітку. Сума активних температур у межах 2400 на півночі та 3200 на півдні Правобережного Лісостепу. Гідротермічний коефіцієнт 1,1–1,2, але може змінюватися в більш широкіх межах. За основними складовими погоди він належить нестійкого зволоження. За даними метеостанції Умань, середня температура повітря в січні –  $-3,4^{\circ}\text{C}$ , в червні –  $+20,9^{\circ}\text{C}$ .

Середньорічна температура повітря –  $+8,8^{\circ}\text{C}$ . В окремі роки спостерігається відхилення температур від середніх багаторічних показників.

Опадів за теплий період року випадає в середньому 395 мм, але їх розподіл у часі нерівномірний, за холодний – 191 мм. Гідротермічний коефіцієнт 1,1, але він значно змінюється по роках і періодах вегетації сільськогосподарських культур. Загалом вегетаційний період триває близько 210 діб, а період активної вегетації (температура вище  $10^{\circ}\text{C}$ ) – 165 діб. Період з середньодобовою температурою вище ніж  $+5^{\circ}\text{C}$  триває до 230 діб, понад  $+10^{\circ}\text{C}$  залежно від року – 140–160 діб.

Погодні умови за роки проведення досліджень були різними порівняно з середнім багаторічним показником (табл. 2.1). У 2025 р. в період сходи – 8 пар листків випало 113,0 мм, у період 8 пар листків – цвітіння – 112,3 мм, а в період досягання насіння лише 23,0 мм опадів. У 2023 р. випало відповідно 58,2, 92,5 і 12,4 мм, а в 2024 р. – 98,3, 17,9 і 17,7 мм опадів. При цьому в осінньо-зимовий період випало майже однакову кількість опадів. Так, у 2023 р. – 300 мм, у 2024 р. – 341 мм, а в 2025 р. – 265 мм опадів.

Отже, стартові запаси вологи і кількість опадів у період досягання насіння соняшнику були досить подібними упродовж років проведення досліджень. За кількістю опадів упродовж років досліджень сприятливішим був 2025 р., потім 2024 р., а менш сприятливим був 2023 р.

Таблиця 2.1

**Погодні умови у роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)**

Рік	Всього за рік/ середн є за рік	Місяць											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сума опадів, мм													
Середньобагат орічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2022/2023	470	31,2	41,0	44,6	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	7,2
2023/2024	505	33,5	62,3	55,0	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
2024/2025	565	99,4	45,1	61,0	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23,0	51,8
Середня температура повітря, °C													
Середньобагат орічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2022/2023	11,3	9,3	8,2	3,1	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	21,4
2023/2024	10,8	11,7	4,6	-1,8	-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
2024/2025	10,0	10,8	2,6	0,4	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7	16,2
Відносна вологість повітря, %													
Середньобагат орічна	78	81	87	88	85	84	81	70	67	72	73	73	75
2022/2023	73	75	77	86	89	81	72	80	56	64	68	65	62
2023/2024	73	73	82	86	84	80	76	67	57	69	60	56	56
2024/2025	73	86	80	90	83	74	67	61	74	63	65	63	65

## 2.2 Методика проведення досліджень

Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у короткотривалому польовому досліді Уманського національного університету з географічними координатами за Гринвічем  $48^{\circ} 46'$  північної широти і  $30^{\circ} 14'$  східної довготи. Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки  $72 \text{ м}^2$ . Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений,  $\text{pH}_{\text{КСІ}} = 5,7$ . Добрива застосували відповідно до схеми дослідів, яка представлена в таблицях.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування соняшнику загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України.

У досліді вирощували гібрид соняшнику НК Неома (NK NEOMA CRU CLEARFIELD) «Сингента», лінолевий тип). Гібрид середньостиглий інтенсивного типу з середньою енергією початкового росту і дуже високим потенціалом урожайності. Кращу віддачу забезпечує на родючих ґрунтах, добре реагує на внесення добрив і підживлення. Один з найкращих і найпопулярніших гібридів для технології Clearfield® (під Євролайтинг).

Тип гібриду – простий. Вегетаційний період складає 112–116 діб. Швидке початкове зростання. Відмінний показник продуктивності при дотриманні збалансованого живлення, не зловживаючи азотним добривом, оптимальному зрошуванні та ранніх термінах посіву.

Основні господарсько-цінні ознаки гібриду:

Стійкість до вилягання – 8 бала

Стійкість до вовчка рас А – Е

Толерантність до фомопсису – 8 бала

Толерантність до фомозу – 8 бала

Толерантність до білої гнилі – 7 бала.

Схема застосування добрив під соняшник включала такі варіанти: Без добрив (контроль),  $P_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{90}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$ .

Борну кислоту (500 г/га) застосовували у фазах ВВСН12–14 і ВВСН53–55 відповідно до схеми дослідів. Норма витрати робочого розчину 500 л/га.

Після збирання попередника (ячмінь ярий) проводилося дискування на глибину 10–12 см та оранку на 28–30 см. Весною проводили вирівнювання зябу та передпосівну культивуацію.

Система удобрення соняшнику передбачала внесення під зяблеву оранку фосфорних (суперфосфату гранульованого) і калійних добрив (калію хлористого). Весною під передпосівну культивуацію згідно схеми дослідів вносили азотні добрива (аміачну селітру). Всі удобрювальні продукти, які використовувалися в дослідів включені в «Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Сівбу проводили за температурного режиму ґрунту 10–12 °С, сівалкою з шириною міжрядь 70 см. Густота рослин була 77 тис. шт./га. Глибина загортання насіння 5–6 см.

Дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик з наукових досліджень [110]. Для обґрунтування особливостей формування урожайності та якості виконували обліки і спостереження за періодами основних фенологічних фаз росту й розвитку рослин. Вони включали фенологічні спостереження, облік густоти стояння рослин, біометричні вимірювання, облік урожаю і його структури.



Під час вегетації виконувалися такі обліки і спостереження:

- структуру урожаю перед збиранням урожаю;
- облік урожаю зерна проводили методом збирання 20 кошиків.

Аналітичні дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик за такими показниками:

- у рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини – термогравіметричним методом;
- вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення за MBV 31-497058-019-2005. Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу;
- показники якості зерна методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії.

Господарське винесення азоту обраховували за показниками вмісту азоту в насінні та врожайності. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс у ґрунті.

Коефіцієнти використання основних елементів живлення (N, P, K) з мінеральних добрив розраховували різницеvim методом [103].

Баланс елементів живлення в ґрунті розраховували за спрощеною методикою. Азот, що надходив в ґрунт з насінням, атмосферними опадами і фіксований з повітря вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до природних витрат (ерозія, вимивання, звітрювання), вважали, що фосфор і калій від ерозії й вимивання покривалися надходженням з насінням і атмосферними опадами [102].

Економічну ефективність розраховували з розрахунку, що вартість 1 т зерна становить 25,0 тис. грн./т, вартість 1 т аміачної селітри – 18,0 тис. грн, 1 т калію хлористого – 20,0 грн, суперфосфату гранульованого – 12,0 грн. Вартість позакореневого підживлення борною

кислотою становило 2,3 тис. грн./га. Економічну ефективність розраховували з урахуванням проведення робіт на площі 100 га.

Для статистичної обробки одержаних експериментальних даних результатів проведених досліджень і визначення їх достовірності використовували пакет стандартних програм (MS Office Excel) і дисперсійний аналіз.

Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між одержаними у досліді показниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний.

### **Висновки до розділу:**

Характеристика чорнозему опідзоленого місця проведення польових досліджень вказує на його типовість для Правобережного Лісостепу та придатність для вирощування зернових культур, у тому числі соняшнику.

Агрометеорологічні умови у роки проведення досліджень, були типовими для регіону, хоч і мали певні відхилення. Це дозволило об'єктивно оцінити вплив систем удобрення, що вивчалися в досліді, на поживний режим ґрунту, процеси росту, розвитку та формування продуктивності.

Спостереження, обліки відбір зразків ґрунту й рослин і проведення їх аналізів виконували згідно ДСТУ та загальноприйнятих методик. Технологія вирощування соняшнику у досліді була загальноприйнятою для регіону, крім систем удобрення, що вивчалися в досліді.

### РОЗДІЛ 3

## ІНДИВІДУАЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є одним з найважливіших олійних культур, що містять високоякісну харчову олію, і вважаються джерелом харчування для людини і сировиною для промисловості [141].

Зниження росту соняшнику в першу чергу спричинене біотичними та абіотичними стресовими факторами [134]. Для оптимізації його росту удобрення відіграє важливу роль у збільшенні врожайності соняшнику. Потреба в збільшенні виробництва продуктів харчування для прогодування постійно зростаючого населення спонукала до застосування синтетичних мінеральних добрив, здатних забезпечити культури поживними речовинами, необхідними для росту [4]. Однак фермери схильні надмірно додавати неорганічні добрива під час вирощування рослин, виходячи з припущення, що це може підвищити врожайність [136].

Використання лише неорганічних добрив збільшує врожайність у перший рік, але негативно впливає на довгострокову стійкість [144]. Дисбаланс у використанні добрив є одним з основних факторів низької врожайності та зниження родючості ґрунту. Як наслідок, для збільшення виробництва сільськогосподарських культур слід використовувати органічні добрива. Органічні добрива – це природні продукти, отримані з рослин або тварин, такі як зелене добриво, поживні залишки, гній худоби та компост [130]. Додавання органічних добрив у поєднанні з неорганічними добривами покращувало ріст та врожайність сільськогосподарських культур, покращуючи фізичні умови ґрунту, його родючість та доступність поживних речовин [74, 132]. Крім того, органічні добрива, що використовувалися разом з хімічними добривами, давали вищі врожаї, ніж лише неорганічні добрива, збільшували накопичення вуглецю в ґрунті, зменшували викиди від мінеральних азотних добрив та сприяли

високій врожайності та якості сільськогосподарських культур [88].

Родючі ґрунти є важливими для вирощування сільськогосподарських культур, а внесення органічних і неорганічних добрив сприяє підвищенню врожайності.

Дослідження [27] показало, що різні види добрив (неорганічні добрива, компост у поєднанні з біодобривом, зола з цукрової тростини) мали значний вплив на фізіологічні та метаболічні зміни у рослинах соняшнику, покращуючи ріст рослин, вміст метаболітів, активність ферментативних антиоксидантів, а також вміст мінералів і важких металів у рослинах соняшнику. Загалом, органічне та неорганічне удобрення покращило фізико-біохімічні характеристики рослин соняшнику.

Крім цього, використання органічних та неорганічних добрив було б дуже корисним не лише з точки зору підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, але й з точки зору покращення родючості ґрунту та якості врожаю [65]. Водночас органічні відходи не стануть джерелом забруднення навколишнього середовища. Органічні відходи можна ефективно використовувати у виробництві високоякісних, недорогих органічних добрив, які можна легко використовувати для підвищення врожайності однієї з найважливіших олійних культур у світі, що сприятиме вирішенню проблеми дефіциту промислової олії, а також проблеми безпечної утилізації агрономічних відходів [129].

Органічні добрива, безсумнівно, корисні, але при надмірному використанні вони можуть завдати шкоди навколишньому середовищу так само, як і неорганічні добрива. Використання органічних добрив разом з неорганічними добривами підвищує активність мікробів, ефективність засвоєння поживних речовин та доступність рослин до необхідних поживних речовин [28]. Щоб уникнути екологічних проблем, слід проводити додаткові дослідження для пошуку нових методів внесення та відповідної кількості добрив, яка враховує тип культури, властивості ґрунту та умови регіону.

Застосування добрив впливало на формування маси 1000 насінин сояшнику (табл. 3.1). У середньому за три роки досліджень маса 1000 насінин була найменшою на ділянках без добрив – 47,9 г. Застосування N<sub>60</sub> забезпечувало збільшення цього показника до 53,0–53,4 г або на 10–11 %. Подібно впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Збільшення дози азотних добрив до 90–120 кг/га д. р. навпаки зменшувало масу 1000 насінин до 50,4–48,5 г, проте цей показник був вищим порівняно з контролем.

Таблиця 3.1

**Формування маси 1000 насінин сояшнику залежно від  
удобрення, г**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	56,1	44,5	43,1	47,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	64,2	49,3	46,7	53,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	63,7	49,1	47,2	53,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	63,1	49,3	47,0	53,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	63,2	49,5	47,6	53,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	58,7	48,3	45,2	50,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	54,5	48,0	43,1	48,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	58,1	48,6	44,6	50,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	62,7	49,2	47,2	53,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	62,9	49,4	47,6	53,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	63,1	49,7	47,4	53,4
НІР <sub>05</sub>	2,9	2,3	2,2	–

Застосування борної кислоти позакоренево достовірно не змінювало маси 1000 насінин порівняно з ділянками без підживлення. При цьому мала місце лише тенденція до підвищення цього показника впродовж років досліджень.

Формування маси 1000 насінин значно змінювалось упродовж років

проведення досліджень. Так, найвищою вона була в 2023 р. – 56,1–64,2 г, у 2024 р. – 44,5–49,3 г, а в 2025 р. – 43,1–47,6 г залежно від варіанту досліду.

Застосування добрив достовірно збільшувало масу насіння з однієї рослини соняшнику (табл. 3.2). У середньому за три роки досліджень маса насіння збільшувалась від 50,8 до 55,2 г за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування  $N_{60-120}$  у системі удобрення соняшнику збільшувало масу насіння до 67,2–70,1 г або на 32–38 % порівняно з ділянками без добрив. Збільшення кількості калійних добрив до  $K_{90}$  збільшувало масу насіння з однієї рослини лише на 1 % порівняно з  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування борної кислоти у різні фази росту рослин також не мало значної переваги порівняно з внесенням добрив без позакореневого підживлення.

Таблиця 3.2

**Формування маси насіння з однієї рослини соняшнику залежно від удобрення, г**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	66,5	39,6	46,4	50,8
$P_{60}K_{60}$	74,4	41,7	49,4	55,2
$N_{60}K_{60}$	75,9	54,5	59,8	63,4
$N_{60}P_{60}$	80,9	55,1	57,7	64,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	82,9	57,9	60,9	67,2
$N_{90}P_{60}K_{60}$	83,3	59,0	63,6	68,6
$N_{120}P_{60}K_{60}$	83,2	62,8	64,2	70,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	82,6	60,0	64,7	69,1
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	84,1	59,9	61,4	68,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	85,3	59,5	61,7	68,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	86,6	60,7	61,5	69,6
$НІР_{05}$	4,2	2,7	2,9	–

Маса насіння з однієї рослини соняшнику значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. У 2023 р. за період жовтень–квітень випало 300 мм опадів, у 2024 р. – 341 мм, а в 2024 р. – 265 мм опадів. За період травень–липень випало відповідно 151, 116 і 225 мм опадів. Крім цього, оптимальна температура повітря для росту соняшнику була лише в 2023 р., а в 2024 р. були періоди з високою та в 2025 р. з низькою температурою в період формування вегетативної маси, що негативно вплинуло на формування маси насіння з однієї рослини. Так, найвищою маса насіння була в 2023 р. – 66,5–86,6 г, у 2025 р. – 46,4–64,7 г, а в 2024 р. – 39,6–62,8 г залежно від варіанту досліду.

Змінювалась також кількість насіння на одній рослині соняшнику від застосування добрив і погодних умов року проведення досліджень (табл. 3.3). Так, у середньому за три роки кількість насіння збільшувалось до 1190–1442 шт. за внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив або на 13–37 % порівняно з контролем (1050 шт.). Застосування борної кислоти достовірно не впливало на формування кількості насіння на одній рослині. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечували зниження кількості насіння завдяки збільшенню маси 1000 насінини і маси насіння з однієї рослини.

Необхідно відзначити, що кількість насіння в 2023 і 2025 рр. була майже на одному рівні залежно від удобрення, а в 2024 р. цей показник був найменшим – 890–1308 шт.

Внесення добрив по різному змінює індивідуальну продуктивність рослини соняшнику. При цьому рівень таких змін визначається особливостями погодних умов вегетаційного періоду.

Таблиця 3.3

**Формування кількості насіння на одній рослині соняшнику  
залежно від удобрення, шт.**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	1185	890	1076	1050
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1159	847	1058	1021
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1191	1110	1268	1190
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	1283	1118	1227	1209
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1312	1169	1278	1253
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1420	1222	1406	1349
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1526	1308	1490	1442
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1422	1235	1451	1369
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	1341	1218	1300	1286
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	1356	1205	1296	1286
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	1373	1221	1298	1297
НІР <sub>05</sub>	70	62	65	—

Внесення добрив з азотною складовою достовірно збільшує показники індивідуальної продуктивності рослин соняшнику. Застосування фосфорних і калійних добрив найменше впливає на такі показники. Внесення борної кислоти у позакореневе підживлення достовірно не змінює індивідуальної продуктивності рослин, проте має тенденцію до їх поліпшення.

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

У середньому за три роки досліджень маса 1000 насінин була найменшою на ділянках без добрив – 47,9 г. Застосування N<sub>60</sub> забезпечувало збільшення цього показника до 53,0–53,4 г або на 10–11 %. Подібно впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Збільшення



доза азотних добрив до 90–120 кг/га д. р. навпаки зменшувало масу 1000 насінин до 50,4–48,5 г, проте цей показник був вищим порівняно з контролем.

У середньому за три роки досліджень маса насіння збільшувалась від 50,8 до 55,2 г за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування  $N_{60}$ – $120$  у системі удобрення соняшнику збільшувало масу насіння до 67,2–70,1 г або на 32–38 % порівняно з ділянками без добрив. Збільшення кількості калійних добрив до  $K_{90}$  збільшувало масу насіння з однієї рослини лише на 1 % порівняно з  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування борної кислоти у різні фази росту рослин також не мало значної переваги порівняно з внесенням добрив без позакореневого підживлення.

Маса насіння з однієї рослини соняшнику значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. У 2023 р. за період жовтень–квітень випало 300 мм опадів, у 2024 р. – 341 мм, а в 2024 р. – 265 мм опадів. За період травень–липень випало відповідно 151, 116 і 225 мм опадів. Крім цього, оптимальна температура повітря для росту соняшнику була лише в 2023 р., а в 2024 р. були періоди з високою та в 2025 р. з низькою температурою в період формування вегетативної маси, що негативно вплинуло на формування маси насіння з однієї рослини. Так, найвищою маса насіння була в 2023 р. – 66,5–86,6 г, у 2025 р. – 46,4–64,7 г, а в 2024 р. – 39,6–62,8 г залежно від варіанту досліду.

Змінювалась також кількість насіння на одній рослині соняшнику від застосування добрив і погодних умов року проведення досліджень. Так, у середньому за три роки кількість насіння збільшувалось до 1190–1442 шт. за внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив або на 13–37 % порівняно з контролем (1050 шт.). Застосування борної кислоти достовірно не впливало на формування кількості насіння на одній рослині. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечували зниження кількості насіння завдяки збільшенню маси 1000 насінини і маси насіння з однієї рослини.

Необхідно відзначити, що кількість насіння в 2023 і 2025 рр. була

майже на одному рівні залежно від удобрення, а в 2024 р. цей показник був найменшим – 890–1308 шт.

Результати досліджень, що висвітлено в розділі опубліковано в працях [143].

## РОЗДІЛ 4

### ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

#### 4.1 Формування врожайності

Соняшник – стратегічно важлива олійна культура в Україні, яка відіграє ключову роль у сільськогосподарському секторі та становить 70 % усіх вирощених олійних культур [124]. За світовим виробництвом соняшнику Україна посідає перше місце з 25 %. Крім цього, близько 57 % загального світового експорту соняшникової олії припадає на Україну [23]. Тому оптимізація удобрення нових гібридів соняшника є актуальною.

Соняшник, завдяки високій посухостійкості та адаптації до різних типів ґрунту, може рости у широкому діапазоні умов навколишнього середовища [1]. Однак, хоча соняшник є культурою з глибоким корінням, водний стрес може знизити його продуктивність [75]. Крім посухостійкості та низької потреби у засобах захисту, головною перевагою соняшнику є високий вміст олії в зерні (42–50 %). Насіння соняшнику також містить до 40 % білка [72].

Результати досліджень, проведених на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції імені М. Вавилова в 2022–2023 роках, показали позитивний вплив різних систем удобрення на врожайність та якість насіння гібридів соняшнику різних груп стиглості. Поєднання позакореневого підживлення сечовиною з розрахунку 10 кг/га та мінерального підживлення  $N_{32}P_{32}K_{32}$  збільшувало врожайність гібридів Кадет, Ярило, Вирій до 3,11, 2,75, 3,18 т/га, що більше, ніж у контрольному варіанті (без добрив) на 0,41, 0,38 і 0,47 т/га відповідно [166].

У досліді [149] вміст олії в насінні соняшнику змінювався залежно від дози мінеральних добрив і виду позакореневого підживлення. Встановлено, що найбільшу кількість олії в насінні (51,4 %) ранньостиглого гібрида Кадет і середньоранньостиглого гібрида Ярило

було отримано за позакореневого підживлення стимулятором гуматом калію на тлі  $N_{32}P_{32}K_{32}$ . Максимальний вміст олії в насінні середньостиглого гібрида Вирій (51,0 %) спостерігався в варіанті поєднання позакореневого підживлення сечовиною (10 кг/га) та мінерального підживлення  $N_{12}P_{52}$ . Поєднання в системі живлення рослин соняшнику основного внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення рослин соняшнику у фазі 5–6 пар листків призвело до найвищого виходу олії з одиниці площі (1229–1422 кг/га).

Вплив удобрення на врожайність соняшнику полягає в збільшенні площі листової поверхні, підвищення ефективності її використання рослиною та подовженні вегетаційного періоду. Так, спільне застосування азотно-фосфорних добрив і препарату Хелафіт Комбі спричинило подовження фотосинтетичної активності листків на 6–8 діб і забезпечило збільшення фотосинтетичного потенціалу рослин соняшнику на 64,7–95,8 %. За цих умов було досягнуто найвищого врожаю сухої біомаси – 8,2–8,8 т/га та найвищого врожаю насіння – 3,03–3,11 т/га. Аналіз елементів структури врожаю показав, що підвищення насінневої продуктивності відбулося за рахунок збільшення кількості насінин у суцвітті (34,1 %) та маси насінин з одного кошика (41,3 %). Найкращі економічні показники забезпечило використання  $N_{30}P_{45}$  і препарату Хелафіт Комбі: прибуток склав 19 120 грн/га, собівартість 1 т насіння – 4 690 грн, рівень рентабельності – 134 %. Збільшення норми добрив до  $N_{60}P_{90}$  негативно вплинуло на економіку вирощування соняшнику [170].

Необхідно відзначити, що про різну ефективність систем удобрення соняшнику свідчать результати досліджень інших учених [86, 18].

Соняшник має велику потребу в мінеральних елементах, і особливо в калії, порівняно з іншими культурами. Однак ефективність калійного удобрення значною мірою залежить від агроекологічної зони, в якій вирощується культура [38]. Калійні та фосфорні добрива ефективні за умови низького їхнього вмісту в ґрунті [2]. Крім цього, рослини

соняшнику мають добре розвинену кореневу систему, що дозволяє засвоювати фосфор і калій з нижніх шарів ґрунту [3]. У Лісостепу ефективним вважається застосування 40–90 кг/га д. р. азотних добрив, 40–60 – фосфорних і 40–90 кг/га д. р. – калійних [109].

Отже, однієї ефективної дози мінеральних добрив під соняшник немає. Ефективність удобрення соняшнику визначається цілою низкою чинників, що необхідно враховувати у технології вирощування цієї культури.

Встановлено, що соняшник найбільше реагує на внесення азотних добрив (табл. 4.1). Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності на 9 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 24–33 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–4 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність порівняно з варіантом  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності насіння соняшнику.

Урожайність значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність соняшнику впливало застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 5,55 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність насіння. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 5,63–5,80 т/га залежно від строку обприскування. У 2024 р. найбільшу врожайність отримано за вирощування соняшнику при внесенні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 4,98 т/га або на 1,84 т/га більше порівняно з контролем. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 4,59 т/га врожаю насіння, що лише на 8 % менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

Таблиця 4.1

**Урожайність насіння соняшнику залежно від удобрення, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	4,45	3,14	2,75	3,45
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,98	3,31	2,93	3,74
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,08	4,32	3,55	4,32
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	5,42	4,37	3,42	4,40
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,55	4,59	3,61	4,58
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,58	4,68	3,77	4,68
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,57	4,98	3,81	4,79
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,53	4,76	3,84	4,71
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	5,63	4,75	3,64	4,67
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	5,71	4,72	3,66	4,70
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	5,80	4,81	3,65	4,75
НІР <sub>05</sub>	0,28	0,21	0,17	—

Найменшу врожайність отримано за вирощування соняшнику в 2025 р. – 2,75–3,81 т/га залежно від варіанту досліджу. При цьому найвищу ефективність мало застосування N<sub>60</sub> незалежно від фосфорної та калійної складової. Так, внесення 90–120 кг/га д. р. азотних добрив збільшувало врожайність насіння соняшнику лише на 6 % порівняно з варіантом N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. При цьому застосування бору було також малоефективним щодо впливу на врожайність насіння.

Встановлено, що врожайність стебел соняшнику найбільше збільшується від застосування азотної складової повного мінерального добрива (табл. 4.2). Так, за застосування P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечувало збільшення врожайності стебел на 5 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 8–25 %. При цьому ефективним було

внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–3 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність стебел порівняно з варіантом  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності стебел соняшнику.

Таблиця 4.2

**Урожайність стебел соняшнику залежно від удобрення, т/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	11,48	9,11	7,62	9,40
$P_{60}K_{60}$	13,00	8,67	7,82	9,83
$N_{60}K_{60}$	12,60	9,20	8,31	10,04
$N_{60}P_{60}$	13,66	9,96	7,87	10,50
$N_{60}P_{60}K_{60}$	15,60	10,10	8,19	11,30
$N_{90}P_{60}K_{60}$	14,51	11,04	8,71	11,42
$N_{120}P_{60}K_{60}$	14,54	11,65	8,76	11,65
$N_{90}P_{60}K_{90}$	14,32	11,04	8,83	11,40
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	15,76	10,74	8,34	11,61
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	15,99	10,48	8,42	11,63
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	16,12	10,82	8,32	11,76
$НІР_{05}$	0,72	0,61	0,55	—

Урожайність стебел соняшнику значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність стебел соняшнику впливало застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 15,60 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність стебел. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 15,76–16,12 т/га залежно від строку обприскування.

У 2024 р. найбільшу врожайність стебел отримано за вирощування соняшнику при внесенні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 11,65 т/га або на 2,54 т/га більше порівняно з контролем. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 10,10 т/га врожаю насіння, що на 15 % менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

У 2025 р. отримано найнижчу врожайність стебел соняшнику. При цьому цей показник збільшувався від 7,62 т/га у варіанті без добрив до 8,19 т/га за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування найбільшої дози азотних добрив забезпечувало отримання 8,76 т/га стебел, що лише на 7 % більше порівняно з варіантом  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику не мало чіткої тенденції впродовж років досліджень (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Відношення врожаю стебел до насіння соняшнику залежно від  
удобрення**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	2,58	2,90	2,77	2,75
$P_{60}K_{60}$	2,61	2,62	2,67	2,63
$N_{60}K_{60}$	2,48	2,13	2,34	2,32
$N_{60}P_{60}$	2,52	2,28	2,30	2,37
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,81	2,20	2,27	2,43
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,60	2,36	2,31	2,42
$N_{120}P_{60}K_{60}$	2,61	2,34	2,30	2,42
$N_{90}P_{60}K_{90}$	2,59	2,32	2,30	2,40
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	2,80	2,26	2,29	2,45
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	2,80	2,22	2,30	2,44
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	2,78	2,25	2,28	2,44

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику



змінювалось від 2,20 до 2,90 залежно від варіанту дослідів. При цьому в 2024 і 2025 рр. цей показник знижувався від застосування добрив, а в 2023 р. змінювався параболічно з піком при внесенні найбільшої дози азотних добрив. Зниження відношення маси стебел до маси насіння свідчить про збільшення частки товарної продукції в надземній масі соняшнику.

Дослідженнями встановлено, що частка насіння в надземній масі соняшнику зростала, особливо, від застосування азотної складової повного мінерального добрива (табл. 4.4). У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 26,7 % у варіанті без добрив до 27,5–30,2 % за внесення добрив.

Таблиця 4.4

**Частка насіння в урожаю стебел соняшнику залежно від удобрення, %**

Варіант дослідів	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	27,9	25,6	26,5	26,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	27,7	27,6	27,2	27,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,7	31,9	29,9	30,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	28,4	30,5	30,3	29,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,2	31,3	30,6	29,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	27,8	29,8	30,2	29,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	27,7	29,9	30,3	29,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	27,9	30,1	30,3	29,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	26,3	30,7	30,4	29,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	26,3	31,1	30,3	29,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	26,5	30,8	30,5	29,2

Необхідно відзначити, що найвищим частка насіння соняшнику була в 2024 і 2025 рр. – 25,6–31,3 %, а в 2023 р. – 27,7–28,7 % залежно від варіанту дослідів.

#### 4.2 Якість насіння

Вміст олії в насінні соняшнику мав тенденцію до зниження за внесення мінеральних добрив (табл. 4.5). Необхідно відзначити, що зниження вмісту олії було не достовірним. Так, у середньому за три роки досліджень цей показник у варіанті без добрив становив 45,5 %, а за внесення мінеральних добрив – 44,1–44,6 %. При цьому застосування борної кислоти у позакореневе підживлення забезпечувало формування вмісту жиру на рівні 45,1–45,2 %.

Таблиця 4.5

#### Вміст олії в насінні соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	45,1	45,8	45,1	45,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,4	44,7	45,4	44,8
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,3	44,6	45,5	44,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	44,2	44,7	45,4	44,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,1	44,4	45,2	44,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,0	44,3	44,9	44,4
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,7	44,4	44,7	44,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	44,3	44,5	44,8	44,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	44,9	45,2	45,2	45,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	45,0	45,4	45,3	45,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	45,0	45,3	45,3	45,2
НІР <sub>05</sub>	2,1	2,2	2,1	—

Необхідно відзначити, що вміст олії в насінні мало змінювався впродовж років досліджень. Так, у 2023 р. цей показник становив 44,1–45,1 %, а в 2024 і 2025 р. – 44,3–45,8 % залежно від варіанту досліджу.

Отже, внесення мінеральних добрив знижує вміст олії в насінні, проте застосування борної кислоти знижує такий вплив. При цьому вміст олії в насінні за такого сценарію може бути на рівні ділянок без добрив.

Результати збору олії з урожаю насіння соняшнику свідчать також про вищу ефективність застосування  $N_{60}$  у системі удобрення (табл. 4.6). При цьому внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 2074 кг/га олії, а в парних комбінаціях з азотними добривами – 1931–2039 кг/га або лише 4–7 % менше. Збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  не забезпечували значного збору олії. Застосування борної кислоти у позакореневе підживлення збільшували збір олії до 2107–2147 кг/га або на 4–7 %, що було на рівні застосування  $N_{90-120}$ .

Таблиця 4.6

**Збір олії з урожаю насіння соняшнику залежно від удобрення,  
кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	2007	1438	1240	1562
$P_{60}K_{60}$	2211	1480	1330	1674
$N_{60}K_{60}$	2250	1927	1615	1931
$N_{60}P_{60}$	2396	1953	1553	1967
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2448	2038	1632	2039
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2455	2073	1693	2074
$N_{120}P_{60}K_{60}$	2434	2211	1703	2116
$N_{90}P_{60}K_{90}$	2450	2118	1720	2096
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	2528	2147	1645	2107
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	2570	2143	1658	2124
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	2610	2179	1653	2147

Необхідно відзначити, що збір олії значно змінювався впродовж років досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 2211–2610 кг/га, в 2024 р.

– 1438–2179 кг/га та в 2025 р. – 1240–1703 кг/га, що зумовлено рівнем урожайності насіння соняшнику.

Урожайність соняшнику змінювалась за роки проведення досліджень у результаті різних погодних умов вегетаційного періоду. У 2025 р. в період сходи – 8 пар листків випало 113,0 мм, у період 8 пар листків – цвітіння – 112,3 мм, а в період досягання насіння лише 23,0 мм опадів. У 2023 р. випало відповідно 58,2, 92,5 і 12,4 мм, а в 2024 р. – 98,3, 17,9 і 17,7 мм опадів. При цьому в осінньо-зимовий період випало майже однакову кількість опадів. Так, у 2023 р. – 300 мм, у 2024 р. – 341 мм, а в 2025 р. – 265 мм опадів. Отже, стартові запаси вологи і кількість опадів у період досягання насіння соняшнику були досить подібними упродовж років проведення досліджень. За кількістю опадів упродовж років досліджень сприятливішим був 2025 р., потім 2024 р., а менш сприятливим був 2023 р.

Проте на продуктивність рослин впливала температура повітря та приморозки у III декаді травня в 2025 р. Так, у 2023 р. за період сходи – 8 пар листків (10.05–20.06) було лише 9 діб з мінімальною температурою  $\leq 10$  °C, у 2024 р. – 13 діб, а в 2025 р. – 13 діб, при цьому в II декаді травня максимальна температура повітря мало відрізнялась від мінімальної та локальними заморозками. Тому в 2024 р. соняшник гібриду НК Неома забезпечив найбільшу врожайність, у 2023 р. нижчу від меншої кількості опадів, а в 2025 р. – також меншу від пониженої температури. При цьому вміст олії в соняшнику був майже на однаковому рівні, оскільки умови досягання насіння були дуже подібними за роки проведення досліджень.

Отже, найменше на врожайність насіння соняшнику впливає застосування фосфорно-калійної системи удобрення – 4,15 т/га. Застосування бору позакоренево сприяло збільшенню врожайності насіння лише на 9–15 % порівняно з ділянками без обприскування. Застосування добрив мало тенденцію до зниження вмісту олії в насінні, проте зниження було не істотним. Застосування бору позакоренево забезпечувало вміст

олії на рівні варіанту без добрив. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання виходу олії на рівні 2243 кг/га. За внесення  $N_{120}P_{60}K_{60}$  цей показник збільшувався до 2323 кг/га або на 4 %. На основі вище наведеного ефективною дозою в агротехнології соняшника є застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . При цьому можливе тимчасове застосування лише азотних добрив.

У результаті проведених досліджень встановлено, що:

Встановлено, що соняшник найбільше реагує на внесення азотних добрив. Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності на 9 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 24–33 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–4 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність порівняно з варіантом  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності насіння соняшнику.

Урожайність значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність соняшнику впливало застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 5,55 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність насіння. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 5,63–5,80 т/га залежно від строку обприскування. У 2024 р. найбільшу врожайність отримано за вирощування соняшнику при внесенні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 4,98 т/га або на 1,84 т/га більше порівняно з контролем. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 4,59 т/га врожаю насіння, що лише на 8 % менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

Встановлено, що врожайність стебел соняшнику найбільше збільшується від застосування азотної складової повного мінерального добрива. Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності стебел на 5 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 8–25 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–3 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність стебел порівняно з варіантом  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності стебел соняшнику.

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику змінювалось від 2,20 до 2,90 залежно від варіанту досліду. При цьому в 2024 і 2025 рр. цей показник знижувався від застосування добрив, а в 2023 р. змінювався параболічно з піком при внесенні найбільшої дози азотних добрив. Зниження відношення маси стебел до маси насіння свідчить про збільшення частки товарної продукції в надземній масі соняшнику.

Дослідженнями встановлено, що частка насіння в надземній масі соняшнику зростала, особливо, від застосування азотної складової повного мінерального добрива. У середньому за три роки досліджень цей показник зростав від 26,7 % у варіанті без добрив до 27,5–30,2 % за внесення добрив.

Вміст олії в насінні соняшнику мав тенденцію до зниження за внесення мінеральних добрив. Необхідно відзначити, що зниження вмісту олії було не достовірним. Так, у середньому за три роки досліджень цей показник у варіанті без добрив становив 45,5 %, а за внесення мінеральних добрив – 44,1–44,6 %. При цьому застосування борної кислоти у позакореневе підживлення забезпечувало формування вмісту жиру на рівні 45,1–45,2 %.

Результати збору олії з урожаю насіння соняшнику свідчать також про вищу ефективність застосування  $N_{60}$  у системі удобрення. При цьому внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 2243 кг/га олії, а в парних комбінаціях з азотними добривами – 2089–2175 кг/га або лише 4–7 % менше. Збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  не забезпечували значного збору олії. Застосування борної кислоти у позакореневе підживлення збільшували збір олії до 2338–2395 кг/га або на 4–7 %, що було на рівні застосування  $N_{90-120}$ .

Результати досліджень, проаналізовані в розділі, висвітлено в працях [140, 142].

## РОЗДІЛ 5

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ СОНЯШНИКОМ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

#### 5.1 Засвоєння азоту

Азот має вирішальне значення для оптимальної врожайності сільськогосподарських культур і є ключовим елементом для росту рослин [9]. Глобальний рівень використання азотних добрив загалом низький, часто становить близько 40–53 % [142], що призводить до неефективності сільськогосподарської практики, де фермери часто застосовують надмірну кількість азотних добрив, що перевищує фактичні потреби росту культур [137].

Надмірне застосування азотних добрив збільшує сільськогосподарські витрати і спричиняє екологічні проблеми, про що повідомляється в усьому світі [10]. Крім того, надмірне застосування азотних добрив може сприяти збільшенню викидів парникових газів, таких як  $N_2O$ , який має високий потенціал глобального потепління [135]. Тому підвищення ефективності використання азотних добрив є життєво важливим для глобальної продовольчої безпеки, сталого економічного розвитку та пом'якшення екологічного впливу сільського господарства.

Дослідження показали, що впровадження більш точних методів удобрення та вдосконалених агрономічних методів може значно підвищити ефективність використання азоту [145]. Наприклад, коригування стратегій удобрення, таке як зміна глибини удобрення, може збільшити ефективність використання азоту на 38 %, урожайність на 13 % і зменшити втрати азоту на 70 % порівняно з традиційними методами [84]. Зміна термінів удобрення може зменшити загальне надходження азоту на 15 % без втрати врожайності [131].

У середньому за три роки досліджень вміст азоту в насінні соняшнику



зростав від 4,14 % у варіанті без добрив до 4,37 % залежно від варіанту досліду (табл. 5.1). При цьому застосування борного добрива в підживлення не впливало на вміст азоту в насінні.

Необхідно відзначити, що вміст азоту в насінні мало змінювався залежно від року проведення досліджень. Так, найнижчим його вміст отримано в 2024 р. – 4,09–4,26 %, а в 2023 і 2025 рр. цей показник змінювався від 4,21 до 4,38 % залежно від удобрення.

Таблиця 5.1

**Вміст азоту в насінні соняшнику залежно від удобрення, %**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	4,13	4,09	4,21	4,14
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,11	4,10	4,20	4,14
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,29	4,16	4,31	4,25
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	4,28	4,21	4,32	4,27
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,30	4,20	4,32	4,27
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,35	4,23	4,37	4,32
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,41	4,26	4,45	4,37
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	4,34	4,24	4,38	4,32
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	4,31	4,21	4,31	4,28
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	4,30	4,21	4,30	4,27
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	4,30	4,20	4,31	4,27
НІР <sub>05</sub>	0,28	0,21	0,17	–

Подібну тенденцію встановлено для вмісту азоту в стеблах соняшнику (табл. 5.2). За роки проведення досліджень вміст азоту змінювався від 0,36 до 0,47 % залежно від удобрення. При цьому найбільше на його вміст впливало застосування азотної складової в складі повного мінерального добрива. Необхідно відзначити, що вплив застосування азотних добрив був

достовірним.

Таблиця 5.2

**Вміст азоту в стеблах соняшнику залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	0,36	0,41	0,43	0,40
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,35	0,41	0,42	0,39
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,38	0,43	0,46	0,42
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,37	0,43	0,47	0,42
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,38	0,43	0,48	0,43
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,39	0,45	0,50	0,45
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,41	0,47	0,52	0,47
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,40	0,44	0,51	0,45
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	0,39	0,43	0,49	0,44
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	0,38	0,43	0,48	0,43
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	0,38	0,42	0,49	0,43
НІР <sub>05</sub>	0,01	0,02	0,02	—

Добрива з контрольованим вивільненням діючої речовини регулюють швидкість вивільнення азоту за допомогою технологій покриття [71] та відповідності потребам культури в азоті [43]. Це покращує поглинання азоту, знижує концентрацію неорганічного азоту в ґрунті та зменшує втрати азоту [76]. Крім того, стратегії підвищення енергетичної ефективності врожаю включають вибір сортів сільськогосподарських культур, які ефективно використовують азот ґрунту та зменшують втрати азоту [133]. Це має вирішальне значення для сталого розвитку сільського господарства.

Таким чином, для покращення екологічної ефективності використання азотних добрив важливо застосовувати комплексний підхід

до управління азотним удобренням та вибору сільськогосподарських культур [83]. Інтеграція цих методів може ефективно підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва та зменшити вплив на навколишнє середовище, сприяючи глобальній продовольчій безпеці й сталому розвитку.

Дослідження свідчать, що застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику (табл. 5.3). Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до 154,5 кг/га або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до 195,8 кг/га або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4–7 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). Підвищення частки азотної складової до 90–120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до 201,8–209,1 кг/га або на 3–7 % порівняно з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . За внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4 %.

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшували господарське винесення азоту лише на 2–4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліду.

Поліпшення умов мінерального живлення сприяло також збільшенню господарського винесення азоту стеблами соняшнику. Так, у середньому за три роки проведення досліджень цей показник збільшувався від 13,6 до 14,4–22,0 кг/га. При цьому тенденція формування господарського винесення азоту впродовж років проведення досліджень була подібною.

Таблиця 5.3

**Господарське винесення азоту соняшником залежно від  
удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	183,8	128,4	115,8	142,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	204,7	135,7	123,1	154,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	217,9	179,7	153,0	183,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	232,0	184,0	147,7	187,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	238,7	192,8	156,0	195,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	242,7	198,0	164,7	201,8
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	245,6	212,1	169,5	209,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	240,0	201,8	168,2	203,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	242,7	200,0	156,9	199,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	245,5	198,7	157,4	200,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	249,4	202,0	157,3	202,9
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	16,0	12,9	11,8	13,6
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,4	13,6	12,3	14,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,3	18,6	16,3	18,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	20,1	18,8	16,1	18,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,1	19,7	17,3	19,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,8	21,1	18,9	20,6
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,8	23,4	19,8	22,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	22,1	20,9	19,6	20,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	22,0	20,4	17,8	20,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	21,7	20,3	17,6	19,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	22,0	20,2	17,9	20,0

Господарське винесення азоту соняшником змінювалось від 127,6 до 271,4 кг/га залежно від варіанту досліду (табл. 5.4). При цьому перевагу мали системи удобрення з азотною складовою. Найменше на господарське винесення азоту впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Необхідно відзначити, що цей показник значно залежить від погодних умов вегетаційного періоду.

Таблиця 5.4

**Господарське винесення азоту з урожаєм насіння та стебел  
соняшника залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	199,8	141,3	127,6	156,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	222,1	149,3	135,4	168,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	237,2	198,3	169,3	201,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	252,1	202,8	163,8	206,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	259,8	212,5	173,3	215,2
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	264,5	219,1	183,6	222,4
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	268,4	235,5	189,3	231,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	262,1	222,7	187,8	224,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	264,7	220,4	174,7	219,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	267,2	219,0	175,0	220,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	271,4	222,2	175,2	222,9

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива (табл. 5.5). При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Таблиця 5.5

Відносне винесення азоту соняшником залежно від удобрення, кг/т

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	41,3	40,9	42,1	41,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41,1	41,0	42,0	41,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42,9	41,6	43,1	42,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	42,8	42,1	43,2	42,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,0	42,0	43,2	42,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,5	42,3	43,7	43,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,1	42,6	44,5	43,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	43,4	42,4	43,8	43,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	43,1	42,1	43,1	42,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	43,0	42,1	43,0	42,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	43,0	42,0	43,1	42,7
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	3,6	4,1	4,3	4,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,5	4,1	4,2	3,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,8	4,3	4,6	4,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	3,7	4,3	4,7	4,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,8	4,3	4,8	4,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,9	4,5	5,0	4,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,1	4,7	5,2	4,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	4,0	4,4	5,1	4,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	3,9	4,3	4,9	4,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	3,8	4,3	4,8	4,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	3,8	4,2	4,9	4,3

Відносне винесення азоту з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел мало змінювався залежно від року проведення досліджень і зростав від внесення азотних добрив у складі повного мінерального добрива (табл. 5.6). Так, у варіанту без добрив відносне винесення азоту становило 52,5 кг, а за внесення добрив з азотною складовою – 52,3–55,0 кг. При цьому застосування борного добрива у підживлення мало впливало на цей показник.

Таблиця 5.6

**Відносне винесення азоту з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел соняшника залежно від удобрення, кг**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	50,6	52,8	54,0	52,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	50,2	51,7	53,2	51,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	52,3	50,8	53,9	52,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	52,1	51,9	54,0	52,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	53,7	51,5	54,1	53,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	53,6	52,9	55,3	53,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	54,8	53,6	56,5	55,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	53,8	52,6	55,5	54,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	54,0	51,8	54,3	53,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	53,6	51,6	54,0	53,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	53,6	51,5	54,3	53,1

Частка азоту в господарському винесенні насінням була найвищою – 59,7–60,4 % (табл. 5.7). При цьому частка азоту від застосування добрив мало змінювалась порівняно з неудобреними ділянками. Крім цього, мало змінювалась вона від погодних умов року проведення досліджень. Так, у 2024 р. цей показник був у межах 59,1–59,7 %, а в 2023 р. – у межах 60,7–61,7 % залежно від варіанту досліджу.

Таблиця 5.7

**Частка азоту в господарському винесенні соняшника залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	60,7	59,6	58,9	59,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	60,4	59,2	58,5	59,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	61,2	59,5	59,0	59,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	61,2	59,7	59,1	60,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	61,0	59,2	58,6	59,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	61,3	59,6	59,1	60,0
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	61,7	59,7	59,8	60,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	61,0	59,5	59,2	59,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	61,0	59,2	58,7	59,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	61,1	59,2	58,6	59,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	61,0	59,1	58,7	59,6
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	8,7	9,6	9,8	9,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,4	9,5	9,5	9,2
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,1	9,9	10,3	9,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8,9	9,9	10,5	9,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,0	9,7	10,6	9,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,3	10,3	11,1	10,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,7	10,8	11,5	10,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	9,5	10,0	11,3	10,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	9,2	9,8	10,7	9,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	9,0	9,8	10,6	9,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	9,0	9,5	10,8	9,8



Частка азоту в господарському винесенні стеблами була найнижчою – 9,2–10,7 % залежно від удобрення. При цьому коливання цього показника за роками проведення досліджень також були незначними.

У господарському винесенні азоту насінням і стеблами його частка була в 40,2–41,7 % залежно від варіанту досліду (табл. 5.8). При цьому за роки проведення досліджень цей показник мало змінювався.

Таблиця 5.8

**Частка азоту в господарському винесенні соняшника залежно від удобрення, %**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	41,2	40,4	40,2	40,6
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,7	40,1	39,9	40,2
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41,7	40,5	40,5	40,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	41,6	40,7	40,7	41,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41,5	40,2	40,3	40,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42,0	40,7	40,9	41,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42,5	41,1	41,5	41,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,9	40,7	41,0	41,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	41,6	40,3	40,3	40,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	41,6	40,4	40,2	40,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	41,5	40,1	40,4	40,7

Проведені розрахунки свідчать, що коефіцієнт змінювався залежно від дози азотних добрив (табл. 5.9). Так, у середньому за три роки досліджень коефіцієнт засвоєння азоту з насінням знижувався від 66,6 % у варіанті N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> до 45,5 % за внесення N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. При цьому поліпшення умов калійного живлення (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) і застосування бору сприяло вищому коефіцієнту засвоєння азоту. Необхідно відзначити, що коефіцієнт

засвоєння азоту з добрив значно змінювався залежно від року проведення досліджень. Так, найвищим він був у 2024 р. – 63,7–89,4 %, а в 2025 р. – 38,7–57,2 %. Це зумовлено різною реакцією рослин на внесення добрив залежно від погодних умов.

Таблиця 5.9

**Коефіцієнт використання азоту соняшником залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	56,7	88,2	54,8	66,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42,2	69,2	46,2	52,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	34,1	63,7	38,7	45,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	39,2	73,4	50,1	54,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	63,3	89,2	56,3	69,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	68,0	89,1	57,2	71,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	74,5	89,4	57,0	73,6
Винесення стеблами				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,2	5,2	8,3	6,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,9	6,3	7,3	6,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,5	6,2	6,3	5,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,2	6,1	8,1	6,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	7,7	7,3	9,2	8,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	7,2	7,2	8,8	7,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	7,7	7,0	9,3	8,0

Засвоєння азоту з добрив стеблами було найнижчим – від 5,2 до 9,3 % залежно від удобрення. При цьому цей показник менше змінювався від року дослідження.

Загальний коефіцієнт використання азоту з добрив у середньому за три роки досліджень був у межах 51,2–81,6 % залежно від удобрення (табл. 5.10). При цьому цей показник значно змінювався від року проведення досліджень, що зумовлено різною реакцією рослин на удобрення залежно від погодних умов. Сприятливіші погодні умови забезпечують вищу реакцію рослин соняшнику на поліпшення умов мінерального живлення, що впливає на зростання коефіцієнта засвоєння азоту з добрив. Крім цього, високий показник коефіцієнта засвоєння азоту з добрив може бути зумовлений утворенням «екстра» азоту в ґрунті від застосування азотних добрив. Необхідно відзначити, що цю частку азоту мінеральних сполук ґрунту в дослідженнях не було враховано.

Таблиця 5.10

**Загальний коефіцієнт використання азоту соняшником залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	62,9	93,4	63,1	73,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,1	75,5	53,5	58,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	38,6	69,9	45,0	51,2
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	44,4	79,5	58,2	60,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	71,0	96,5	65,5	77,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	75,2	96,3	66,0	79,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	82,2	96,4	66,3	81,6

Від’ємний баланс азоту в ґрунті був у всіх варіантах досліджу незалежно від застосування добрив (табл. 5.11). Необхідно відзначити, що найбільший дефіцит отримано в 2023 р. завдяки високій врожайності насіння. Менший дефіцит азоту формувався в 2025 р. Від’ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–125,6 кг/га залежно від

року дослідження.

Дефіцитний баланс азоту в ґрунті свідчить про екологічну безпеку застосування високих доз азотних добрив під соняшник. При цьому рівень дефіциту азоту також змінюється в широкому діапазоні від погодних умов року.

Таблиця 5.11

**Баланс азоту в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від  
удобрення без відчуження стебел, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без добрив (контроль)	-183,8	-128,4	-115,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-204,7	-135,7	-123,1
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-157,9	-119,7	-93,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	-172,0	-124,0	-87,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-178,7	-132,8	-96,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-152,7	-108,0	-74,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-125,6	-92,1	-49,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	-150,0	-111,8	-78,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	-182,7	-140,0	-96,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	-185,5	-138,7	-97,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	-189,4	-142,0	-97,3

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5—-125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності

застосування добрив для різних гібридів соняшнику.

## 5.2 Параметри фосфорного живлення

Аналіз отриманих даних по вмісту фосфору в насінні соняшнику залежно від удобрення, свідчить, що контрольний варіант (без добрив) забезпечував найнижчий рівень фосфору – у середньому 1,89 % (табл. 5.12). Застосування фосфорно-калійних ( $N_{60}P_{60}$ ) та азотно-калійних ( $N_{60}P_{60}$ ) добрив сприяло незначному підвищенню цього показника до 1,91 %.

Таблиця 5.12

### Вміст фосфору в насінні соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	1,82	1,89	1,97	1,89
$P_{60}K_{60}$	1,83	1,91	1,99	1,91
$N_{60}K_{60}$	1,83	1,90	1,99	1,91
$N_{60}P_{60}$	1,85	1,93	2,01	1,93
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,85	1,95	2,04	1,95
$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,85	1,94	2,02	1,94
$N_{120}P_{60}K_{60}$	1,86	1,95	2,01	1,94
$N_{90}P_{60}K_{90}$	1,85	1,95	2,03	1,94
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	1,85	1,96	2,02	1,94
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	1,84	1,95	2,03	1,94
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	1,85	1,96	2,02	1,94
$НІР_{05}$	0,09	0,10	0,10	—

Внесення комбінації азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечило середній вміст фосфору на рівні 1,93 %, тоді як повне мінеральне удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) сприяло подальшому зростанню до 1,95 %. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  та  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) не призвело до істотного підвищення

показника, утримуючи його на рівні 1,94 %.

Додаткове внесення калію у підвищеній нормі ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) та використання бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або в комбінації) забезпечувало середній рівень фосфору в межах 1,94–1,95 %, що свідчить про стабілізацію показника за різних систем удобрення.

Найвищий вміст фосфору (2,04 % у 2025 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , що підтверджує ефективність оптимального поєднання азоту, фосфору та калію.

У таблиці 5.13 наведено результати досліджень, які показують, що контрольний варіант (без добрив) мав найнижчі значення – у середньому 0,54 %. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило зростання показника до 0,57 %, тоді як внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) дало середній рівень 0,55 %.

Таблиця 5.13

**Вміст фосфору в стеблах соняшнику залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	0,51	0,55	0,57	0,54
$P_{60}K_{60}$	0,53	0,58	0,59	0,57
$N_{60}K_{60}$	0,51	0,56	0,58	0,55
$N_{60}P_{60}$	0,54	0,59	0,60	0,58
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,56	0,61	0,62	0,60
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0,55	0,59	0,61	0,58
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,54	0,57	0,59	0,57
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,55	0,58	0,60	0,58
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	0,56	0,60	0,62	0,59
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	0,55	0,60	0,63	0,59
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	0,56	0,61	0,62	0,60
$HNIP_{05}$	0,03	0,04	0,04	—

Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) сприяла підвищенню вмісту фосфору до 0,58 %, а використання повного мінерального удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило найвищий середній показник – 0,60 %. Варіанти з підвищеними дозами азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) утримували рівень фосфору у межах 0,57–0,58 %.

Додаткове застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало середній рівень фосфору 0,59–0,60 %, причому максимальне значення (0,63 % у 2025 р.) зафіксовано у варіанті з використанням стимулятора  $B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що господарське винесення фосфору соняшником істотно змінювалося залежно від системи удобрення (табл. 5.14). Так, у середньому за три роки досліджень винесення фосфору насінням зростало від 64,8 кг/га у контрольному варіанті (без добрив) до 92,4 кг/га за внесення  $N_{120}P_{60}K_{60}$ . При цьому застосування живлення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  та застосування бору сприяло підвищенню винесення фосфору до рівня 90,3–91,8 кг/га. Необхідно відзначити, що величина винесення фосфору насінням істотно змінювалась залежно від року проведення досліджень.

Аналогічна тенденція простежувалася і щодо винесення фосфору стеблами: від 18,5 кг/га у контрольному варіанті до 28,2 кг/га за комплексного застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  у поєднанні зі стимуляторами росту.

Результати досліджень свідчать, що господарське винесення фосфору соняшником істотно змінювалося залежно від системи удобрення (табл. 5.15). Так, у середньому за три роки досліджень винесення фосфору з урожаєм (насінням та стеблами) становило лише 83,3 кг/га у контрольному варіанті (без добрив). Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення показника до 91,9 кг/га, а внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) – до 105,5 кг/га.

Таблиця 5.14

**Господарське винесення фосфору соняшником залежно від  
удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	81,0	59,3	54,2	64,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	91,1	63,2	58,3	70,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	93,0	82,1	70,6	81,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	100,3	84,3	68,7	84,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	102,7	89,5	73,6	88,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	103,2	90,8	76,2	90,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	103,6	97,1	76,6	92,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	102,3	92,8	78,0	91,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	104,2	93,1	73,5	90,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	105,1	92,0	74,3	90,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	107,3	94,3	73,7	91,8
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	22,7	17,3	15,7	18,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,4	19,2	17,3	21,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,9	24,2	20,6	23,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	29,3	25,8	20,5	25,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31,1	28,0	22,4	27,2
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,7	27,6	23,0	27,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,1	28,4	22,5	27,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	30,4	27,6	23,0	27,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	31,5	28,5	22,6	27,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	31,4	28,3	23,1	27,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	32,5	29,3	22,6	28,2



Таблиця 5.15

**Господарське винесення фосфору з урожаєм насіння та стебел  
соняшника залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	103,7	76,6	69,9	83,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	117,5	82,4	75,6	91,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	118,9	106,3	91,2	105,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	129,6	110,1	89,2	109,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	133,8	117,5	96,0	115,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	133,9	118,4	99,2	117,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	133,7	125,5	99,1	119,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	132,7	120,4	101,0	118,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	135,7	121,6	96,1	117,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	136,5	120,3	97,4	118,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	139,8	123,6	96,3	120,0

Внесення комбінації азоту та фосфору (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) сприяло зростанню винесення до 109,7 кг/га, тоді як повне мінеральне удобрення (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) забезпечило ще вищий рівень – 115,8 кг/га. Збільшення дози азоту (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) підвищувало винесення до 117,2–119,4 кг/га.

Додаткове внесення калію у підвищеній нормі (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) утримувало показник на рівні 118,0 кг/га. Застосування бору (B<sub>12-14</sub>, B<sub>53-55</sub> окремо або у поєднанні) у системі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечувало винесення на рівні 117,8–120,0 кг/га. Максимальне значення (139,8 кг/га у 2023 р.) зафіксовано у варіанті N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + B<sub>12-14</sub> + B<sub>53-55</sub>.

Проведені розрахунки свідчать, що відносне винесення фосфору соняшником змінювалося залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.16). У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) забезпечував винесення фосфору насінням на рівні 18,9 кг/т та

стеблами – 5,4 кг/т.

Таблиця 5.16

**Відносне винесення фосфору соняшником залежно від удобрення, кг/т**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	18,2	18,9	19,7	18,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,3	19,1	19,9	19,1
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,3	19,0	19,9	19,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	18,5	19,3	20,1	19,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,5	19,5	20,4	19,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,5	19,4	20,2	19,4
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,6	19,5	20,1	19,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	18,5	19,5	20,3	19,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	18,5	19,6	20,2	19,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	18,4	19,5	20,3	19,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	18,5	19,6	20,2	19,4
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	5,1	5,5	5,7	5,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,3	5,8	5,9	5,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,1	5,6	5,8	5,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	5,4	5,9	6,0	5,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,6	6,1	6,2	6,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,5	5,9	6,1	5,8
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	5,4	5,7	5,9	5,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,5	5,8	6,0	5,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	5,6	6,0	6,2	5,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	5,5	6,0	6,3	5,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	5,6	6,1	6,2	6,0

Застосування фосфорно-калійних ( $P_{60}K_{60}$ ) та азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) добрив сприяло незначному підвищенню показників до 19,1 кг/т (насіння) та 5,7–5,5 кг/т (стебла). Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечила зростання винесення до 19,3 кг/т насінням і 5,8 кг/т стеблами.

Найвищі значення спостерігалися за внесення повного мінерального удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), де винесення насінням становило 19,5 кг/т, а стеблами – 6,0 кг/т. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) утримувало показники на рівні 19,4 кг/т для насіння та 5,7–5,8 кг/т для стебел.

Додаткове застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало винесення фосфору насінням на рівні 19,4 кг/т та стеблами – 5,9–6,0 кг/т. Максимальне значення (6,3 кг/т у 2025 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що відносно винесення фосфору соняшником змінювалося залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.17). У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) забезпечував винесення фосфору на рівні 33,9 кг/га.

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) сприяло незначному підвищенню показника до 34,0 кг/га, тоді як внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) знижувало його до 31,8 кг/га. Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечила винесення на рівні 32,9 кг/га.

Найвищі значення спостерігалися у варіантах з повним мінеральним удобренням ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), де середній показник становив 33,9 кг/га, а також за його поєднання зі стимуляторами росту ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ), що утримувало винесення у межах 33,8–33,9 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) не призводило до істотного підвищення показника, утримуючи його на рівні 33,1–33,5 кг/га.

Таблиця 5.17

**Відносне винесення фосфору з урожаєм насіння та відповідної  
кількості стебел сояшника залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліду	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	31,4	34,9	35,5	33,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,1	34,3	35,7	34,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,9	30,9	33,5	31,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	32,1	32,8	33,9	32,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	34,2	32,9	34,5	33,9
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,8	33,3	34,3	33,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,7	32,8	33,7	33,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	32,7	33,0	34,1	33,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	34,2	33,2	34,4	33,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	33,8	32,8	34,8	33,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	34,1	33,3	34,3	33,9

Частка фосфору у господарському винесенні сояшника змінювалася залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.18). У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) характеризувався винесенням фосфору насінням на рівні 27,3 %, тоді як стеблами – 12,8 %.

Застосування фосфорно-калійних добрив (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) сприяло незначному підвищенню частки фосфору у насінні до 27,4 %, а у стеблах – до 13,2 %. Внесення азотно-калійних добрив (N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) знижувало показник до 26,8 % у насінні та 12,7 % у стеблах. Комбінація азоту та фосфору (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) забезпечувала винесення на рівні 27,1 % у насінні та 13,3 % у стеблах.

Таблиця 5.18

**Частка фосфору в господарському винесенні соняшника залежно  
від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	26,8	27,5	27,6	27,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,9	27,6	27,7	27,4
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,1	27,2	27,2	26,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	26,5	27,4	27,5	27,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,2	27,5	27,6	27,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,1	27,3	27,4	26,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,0	27,4	27,0	26,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	26,0	27,4	27,4	26,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	26,2	27,6	27,5	27,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	26,1	27,4	27,7	27,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	26,2	27,6	27,5	27,1
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	12,4	12,9	13,0	12,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,8	13,4	13,4	13,2
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,2	12,9	13,0	12,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	12,9	13,5	13,4	13,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,3	13,8	13,7	13,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,1	13,4	13,5	13,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,9	13,1	13,1	13,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	13,1	13,3	13,2	13,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	13,2	13,6	13,6	13,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	13,1	13,7	13,9	13,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	13,3	13,8	13,6	13,6

Найвищі значення частки фосфору у стеблах спостерігалися за внесення повного мінерального удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 13,6 %, тоді як у насінні показник залишався стабільним (27,1 %). Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) не призводило до істотних змін, утримуючи частку фосфору у межах 26,8–26,9 % у насінні та 13,0–13,3 % у стеблах.

Додаткове застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало частку фосфору в насінні на рівні 27,1 %, а у стеблах – 13,5–13,6 %. Максимальне значення (13,9 % у 2025 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$ .

Розрахунки показують, що частка фосфору у господарському винесенні соняшника залишалася відносно стабільною за різних систем удобрення (табл. 5.19). У середньому за три роки контрольний варіант становив 21,8 %, тоді як застосування фосфорно-калійних та повного мінерального удобрення забезпечувало показники на рівні 22,0 %.

Таблиця 5.19

**Частка фосфору в господарському винесенні соняшника залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	21,4	21,9	22,0	21,8
$P_{60}K_{60}$	21,5	22,1	22,3	22,0
$N_{60}K_{60}$	20,9	21,7	21,8	21,5
$N_{60}P_{60}$	21,4	22,1	22,1	21,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,4	22,2	22,3	22,0
$N_{90}P_{60}K_{60}$	21,3	22,0	22,1	21,8
$N_{120}P_{60}K_{60}$	21,2	21,9	21,8	21,6
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	21,3	22,2	22,2	21,9
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	21,3	22,2	22,4	21,9
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	21,4	22,3	22,2	22,0

Внесення азотно-калійних добрив ( $N_{60}K_{60}$ ) дещо знижувало частку фосфору до 21,5 %, а підвищені дози азоту та калію ( $N_{90}$  та  $N_{120}$ ) утримували її у межах 21,6–21,8 %. Додаткове застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ) сприяло незначному підвищенню показника до 21,9–22,0 %, з максимальним значенням 22,4 % у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що коефіцієнт використання фосфору соняшником коливався залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.20). У середньому за три роки найвищий показник зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} - 6,6$  %, тоді як застосування бору дещо знижувало його: до 6,2 % за використання  $B_{12-14}$  та до 5,7 % за  $B_{53-55}$ .

Таблиця 5.20

**Коефіцієнт використання фосфору соняшником залежно від  
удобрень, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,2	5,2	8,3	6,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	4,9	6,3	7,3	6,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	4,5	6,2	6,3	5,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	5,2	6,1	8,1	6,5
Винесення стеблами				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,2	5,2	8,3	6,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	4,9	6,3	7,3	6,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	4,5	6,2	6,3	5,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	5,2	6,1	8,1	6,5

Таким чином, найбільш ефективним залишався варіант  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , тоді як застосування бору забезпечуючи лише часткове підвищення або зниження коефіцієнта у різні роки.

Результати досліджень свідчать, що коефіцієнт використання фосфору

соняшником істотно змінювався залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.21). У середньому за три роки найвищий показник зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 13,2 %.

Таблиця 5.21

**Коефіцієнт використання фосфору соняшником залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
$N_{60}P_{60}K_{60}$	12,4	10,4	16,6	13,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	9,8	12,6	14,6	12,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	9,0	12,4	12,6	11,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	10,4	12,2	16,2	13,0

Застосування бору призводило до певних коливань: за використання  $B_{12-14}$  коефіцієнт становив 12,4 %, за  $B_{53-55}$  – 11,4 %, тоді як комбіноване застосування стимуляторів ( $B_{12-14} + B_{53-55}$ ) забезпечувало 13,0 %, майже на рівні варіанту  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Розрахунки показують, що баланс фосфору у ґрунті здебільшого мав від’ємні значення (табл. 5.22). У контрольному варіанті дефіцит становив від –81,0 до –54,2 кг/га. Застосування  $P_{60}K_{60}$  значно покращувало показники і в 2025 р. навіть забезпечило позитивний баланс (+1,7 кг/га).

Внесення азотно-калійних добрив ( $N_{60}K_{60}$ ) погіршувало ситуацію (–93,0...–70,6 кг/га), тоді як комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) зменшувала дефіцит до –8,7 кг/га. Повне мінеральне удобрення було у межах від –13 до –18 кг/га.



Таблиця 5.22

**Баланс фосфору в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від  
удобрення без відчуження стебел, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без добрив (контроль)	-81,0	-59,3	-54,2
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-31,1	-3,2	1,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-93,0	-82,1	-70,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	-40,3	-24,3	-8,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-42,7	-29,5	-13,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-43,2	-30,8	-16,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	-43,6	-37,1	-16,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	-42,3	-32,8	-18,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	-44,2	-33,1	-13,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	-45,1	-32,0	-14,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	-47,3	-34,3	-13,7

Додаткове застосування бору також знижувало дефіцит, але не забезпечувало позитивного балансу. Отже, найсприятливішим для балансу фосфору виявилось внесення P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Таким чином, результати підтверджують, що найбільше господарське винесення фосфору забезпечує поєднання оптимальних доз азоту, фосфору та калію (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) у комбінації зі стимуляторами росту, що свідчить про високу ефективність комплексного удобрення та регуляторів росту для формування врожаю соняшнику.

### 5.3 Особливості калійного живлення

Розрахунки свідчать, що вміст калію в насінні соняшнику змінювався залежно від системи удобрення та року досліджень (табл. 5.23). У контрольному варіанті (без добрив) середній показник становив 0,90 %.

Таблиця 5.23

#### Вміст калію в насінні соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	0,85	0,89	0,97	0,90
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,87	0,92	0,99	0,93
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,89	0,93	1,01	0,94
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,86	0,91	0,98	0,92
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,90	0,95	1,02	0,96
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,89	0,93	1,00	0,94
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,88	0,92	0,98	0,93
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,92	0,94	0,99	0,95
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	0,91	0,94	1,02	0,96
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	0,90	0,95	1,01	0,95
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	0,90	0,95	1,02	0,96
НІР <sub>05</sub>	0,05	0,05	0,06	—

Застосування фосфорно-калійних добрив (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) підвищувало вміст калію до 0,93 %, а внесення азотно-калійних (N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) – до 0,94 %. Комбінація азоту та фосфору (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) забезпечувала рівень 0,92 %, тоді як повне мінеральне удобрення (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) сприяло максимальному зростанню – 0,96 %.

Варіанти з підвищеними дозами азоту (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) утримували показники на рівні 0,93–0,94 %, а додаткове внесення калію (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) забезпечувало 0,95 %.

Застосування бору (B12–14, B53–55 окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  сприяло підвищенню вмісту калію до 0,95–0,96 %, що відповідало найвищим значенням серед усіх варіантів.

Таблиця 5.24 показує, як змінювався вміст калію в стеблах соняшнику залежно від удобрення. У контрольному варіанті без добрив середній показник склав 3,31 %. При внесенні фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) він трохи підвищився до 3,33 %. Додавання азоту разом із калієм ( $N_{60}K_{60}$ ) дало ще вищий результат – 3,36 %.

Таблиця 5.24

**Вміст калію в стеблах соняшнику залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	3,24	3,31	3,38	3,31
$P_{60}K_{60}$	3,27	3,33	3,40	3,33
$N_{60}K_{60}$	3,29	3,36	3,42	3,36
$N_{60}P_{60}$	3,27	3,34	3,40	3,34
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,28	3,37	3,44	3,36
$N_{90}P_{60}K_{60}$	3,26	3,35	3,42	3,34
$N_{120}P_{60}K_{60}$	3,25	3,33	3,41	3,33
$N_{90}P_{60}K_{90}$	3,26	3,35	3,42	3,34
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	3,28	3,37	3,44	3,36
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	3,27	3,36	3,43	3,35
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	3,28	3,37	3,43	3,36
$НІР_{05}$	0,16	0,17	0,16	–

Комбінації добрив  $N_{60}P_{60}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  також показали стабільне зростання (3,34–3,36 %). Варіанти з підвищеними дозами азоту ( $N_{90}$  та  $N_{120}$ ) не суттєво підвищили вміст калію – середні значення залишилися на рівні 3,33–3,34 %. Додавання мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у поєднанні з основним удобренням забезпечило найвищі показники – до 3,36.

З таблиці 5.25 видно, що у контрольному варіанті без добрив середнє винесення калію становило 30,8 кг/га.

Таблиця 5.25

**Господарське винесення калію соняшником залежно від  
удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	37,8	27,9	26,7	30,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,3	30,5	29,0	34,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	45,2	40,2	35,9	40,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	46,6	39,8	33,5	40,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	50,0	43,6	36,8	43,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	49,7	43,5	37,7	43,6
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	49,0	45,8	37,3	44,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	50,9	44,7	38,0	44,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	51,2	44,7	37,1	44,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	51,4	44,8	37,0	44,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	52,2	45,7	37,2	45,0
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	144,2	103,9	93,0	113,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	162,8	110,2	99,6	124,2
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	167,1	145,2	121,4	144,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	177,2	146,0	116,3	146,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	182,0	154,7	124,2	153,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	181,9	156,8	128,9	155,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	181,0	165,8	129,9	158,9
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	180,3	159,5	131,3	157,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	184,7	160,1	125,2	156,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	186,7	158,6	125,5	156,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	190,2	162,1	125,2	159,2

Застосування фосфорно-калійних добрив (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) забезпечило підвищення цього показника до 34,3 кг/га. Внесення азотно-калійних добрив (N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) сприяло зростанню винесення до 40,4 кг/га, а комбінація азоту з фосфором (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) – до 40,0 кг/га. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із комплексним внесенням N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та його модифікаціями, де середні показники досягали 43,5–45,0 кг/га. Додаткове застосування

мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення забезпечило найбільший рівень винесення калію насінням – 45,0 кг/га.

Винесення калію стеблами було значно вищим порівняно з насінням. У контролі середній показник становив 113,7 кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) підвищило його до 124,2 кг/га. Внесення азотно-фосфорних та азотно-калійних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) забезпечило подальше зростання до 144,6–146,5 кг/га. Найвищі значення відмічено у варіантах із комплексним удобренням  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та його модифікаціями, де винесення калію стеблами досягало 153,6–159,2 кг/га.

Загальне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив (таблиці 5.26) середній показник становив 144,5 кг/га.

Таблиця 5.26

**Господарське винесення калію з урожаєм насіння та стебел  
соняшника залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	182,0	131,8	119,7	144,5
$P_{60}K_{60}$	206,1	140,7	128,6	158,5
$N_{60}K_{60}$	212,3	185,4	157,3	185,0
$N_{60}P_{60}$	223,8	185,8	149,8	186,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	232,0	198,3	161,0	197,1
$N_{90}P_{60}K_{60}$	231,6	200,3	166,6	199,5
$N_{120}P_{60}K_{60}$	230,0	211,6	167,2	203,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$	231,2	204,2	169,3	201,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	235,9	204,8	162,3	201,0
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	238,1	203,4	162,5	201,3
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	242,4	207,8	162,4	204,2

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило

підвищення до 158,5 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 185,0–186,5 кг/га.

Найвищі значення відмічено у варіантах із комплексним внесенням НРК, де середні показники досягали 197,1–204,2 кг/га. Додаткове застосування мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення забезпечило максимальне винесення калію – понад 204 кг/га.

Застосування добрив суттєво підвищує винесення калію соняшником як насінням, так і стеблами. Найбільш ефективними виявилися варіанти з комплексним внесенням НРК у поєднанні з мікродобривами, що забезпечили максимальне винесення елементу.

Результати досліджень щодо відносного винесення калію соняшником за різних систем удобрення (таблиця 5.27) відображають залежність цього показника від застосованих систем удобрення.

У контрольному варіанті без добрив середній рівень винесення становив 9,0 кг/т. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) підвищило його до 9,3 кг/т, а внесення азотно-калійних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило показник 9,4 кг/т. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із комплексним внесенням НРК та додаванням мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ), де показники досягали 9,5–9,6 кг/т.

Винесення калію стеблами було значно вищим, ніж насінням, і коливалося в межах 33,1–33,6 кг/т. У контрольному варіанті середній показник становив 33,1 кг/т, тоді як застосування добрив забезпечувало незначне підвищення – до 33,6 кг/т.

Таблиця 5.27

Відносне винесення калію соняшником залежно від удобрення, кг/т

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	8,5	8,9	9,7	9,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,7	9,2	9,9	9,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,9	9,3	10,1	9,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	8,6	9,1	9,8	9,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,0	9,5	10,2	9,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,9	9,3	10,0	9,4
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,8	9,2	9,8	9,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	9,2	9,4	9,9	9,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	9,1	9,4	10,2	9,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	9,0	9,5	10,1	9,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	9,0	9,5	10,2	9,6
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	32,4	33,1	33,8	33,1
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,7	33,3	34,0	33,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,9	33,6	34,2	33,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	32,7	33,4	34,0	33,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,8	33,7	34,4	33,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,6	33,5	34,2	33,4
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,5	33,3	34,1	33,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	32,6	33,5	34,2	33,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	32,8	33,7	34,4	33,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	32,7	33,6	34,3	33,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	32,8	33,7	34,3	33,6

Найбільш ефективними виявилися варіанти з комплексним внесенням NPK у поєднанні з мікродобривами, що забезпечили максимальне винесення елементу на одиницю урожаю.

Як видно з таблиці 5.28 відносно винесення калію соняшником з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив 100,1 кг/га. Застосування фосфорна-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) не забезпечило істотного приросту – 97,1 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) призвело до зниження показників до 87,2–88,1 кг/га.

Таблиця 5.28

**Відносно винесення калію з урожаєм насіння та відповідної кількості  
стебел соняшника залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	92,1	104,9	103,3	100,1
$P_{60}K_{60}$	94,0	96,4	100,7	97,1
$N_{60}K_{60}$	90,5	80,9	90,1	87,2
$N_{60}P_{60}$	91,0	85,3	88,0	88,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	101,2	83,6	88,3	91,0
$N_{90}P_{60}K_{60}$	93,7	88,4	89,0	90,3
$N_{120}P_{60}K_{60}$	93,6	87,1	88,2	89,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	93,6	87,1	88,6	89,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	100,9	85,6	89,0	91,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	100,6	84,1	89,0	91,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	100,2	85,3	88,4	91,3

Комплексне удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та його модифікації забезпечили дещо вищі результати – у межах 90,3–91,8 кг/га. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із додаванням мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ), де



середні показники становили 91,2–91,8 кг/га.

Частка калію в господарському винесенні соняшника залежно від удобрення у контрольному варіанті (таблиця 5.29) без добрив становила 13,0 %. Застосування фосфорна-калійних та азотно-калійних добрив (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) забезпечило підвищення цього показника до 13,3 %. Комбінації з фосфором (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) також сприяли зростанню частки калію до 12,9–13,3 %. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із комплексним внесенням NPK у поєднанні з мікродобривами (B<sub>12–14</sub> та B<sub>53–55</sub>), де частка калію становила 13,3 %.

Таблиця 5.29

**Частка калію в господарському винесенні соняшника залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
Без добрив (контроль)	12,5	12,9	13,6	13,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,8	13,3	13,8	13,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,7	13,3	13,8	13,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	12,3	12,9	13,4	12,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,8	13,4	13,8	13,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,6	13,1	13,5	13,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,3	12,9	13,2	12,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	12,9	13,2	13,4	13,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	12,9	13,2	13,9	13,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	12,8	13,4	13,8	13,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	12,8	13,4	13,9	13,3
Винесення стеблами				
Без добрив (контроль)	78,8	77,5	77,2	77,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	78,8	77,1	77,1	77,7
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	78,7	77,2	76,7	77,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	78,2	76,6	76,1	77,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	77,7	76,4	75,8	76,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	77,6	76,3	75,5	76,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	77,4	76,2	75,4	76,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	77,4	76,7	75,5	76,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	77,5	76,6	75,6	76,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	77,9	76,5	75,5	76,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	77,7	76,6	75,6	76,6

Основна частина калію виносилася стеблами. У контрольному варіанті середній показник становив 77,8 %. Після застосування добрив частка залишалася в межах 76,3–77,7 %. Незначне зниження частки калію у стеблах відмічалася при комплексному внесенні NPK, проте загальна тенденція залишалася стабільною.

Частка калію в господарському винесенні соняшника залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив (таблиця 5.30) середній показник становив 37,6 %. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило незначне підвищення до 37,8 %. Внесення азотно-калійних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ) не змінило показник порівняно з контролем (37,6 %), тоді як додавання фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) спричинило його зниження до 37,1 %.

Таблиця 5.30

**Частка калію в господарському винесенні соняшника залежно від удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	37,5	37,7	37,7	37,6
$P_{60}K_{60}$	37,8	37,8	37,9	37,8
$N_{60}K_{60}$	37,4	37,8	37,6	37,6
$N_{60}P_{60}$	37,0	37,3	37,2	37,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	37,1	37,5	37,4	37,3
$N_{90}P_{60}K_{60}$	36,8	37,2	37,1	37,0
$N_{120}P_{60}K_{60}$	36,4	37,0	36,7	36,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	36,9	37,3	37,0	37,1
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	37,1	37,5	37,5	37,3
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	37,1	37,5	37,4	37,3
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	37,1	37,5	37,4	37,4

Комплексне удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та його модифікації забезпечили середні значення на рівні 37,0–37,3 %. При підвищених дозах азоту ( $N_{90}$ ,  $N_{120}$ ) частка калію дещо зменшувалася – до 36,7–37,0 %. Додавання мікродобрих ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення сприяло стабілізації показників на рівні 37,3–37,4 %. Частка калію в господарському винесенні соняшника коливалась у межах 36,7–37,8 %.

Результати досліджень свідчать, що (таблиця 5.31) коефіцієнт використання калію соняшником залежно від систем удобрення, коливалися в межах 5,7–6,6 %. Найвищий коефіцієнт зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (6,6 %), тоді як додавання мікродобрих  $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$  забезпечувало показники на рівні 5,7–6,5 %.

Таблиця 5.31

**Коефіцієнт використання калію соняшником залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Винесення насінням				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,2	5,2	8,3	6,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	4,9	6,3	7,3	6,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	4,5	6,2	6,3	5,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	5,2	6,1	8,1	6,5
Винесення стеблами				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,2	5,2	8,3	6,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	4,9	6,3	7,3	6,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	4,5	6,2	6,3	5,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	5,2	6,1	8,1	6,5

Ефективність використання калію соняшником змінюється залежно від системи удобрення, проте найбільш стабільні та високі значення отримано при внесенні  $N_{60}P_{60}K_{60}$  без додаткових мікродобрих.

Результати досліджень свідчать, що (таблиця 5.32) найвищий коефіцієнт використання калію соняшником спостерігався при внесенні  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування окремих мікродобрих дещо знижувало показники, тоді як їх комбіноване використання дозволяло утримувати ефективність на рівні, близькому до контрольного варіанту. У варіанті з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$  середній коефіцієнт становив 13,2 %, що було найвищим показником серед досліджених варіантів.

Таблиця 5.32

**Коефіцієнт використання калію соняшником залежно від  
удобрення, %**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
$N_{60}P_{60}K_{60}$	12,4	10,4	16,6	13,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	9,8	12,6	14,6	12,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	9,0	12,4	12,6	11,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	10,4	12,2	16,2	13,0

Результати досліджень балансу калію в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від удобрення без відчуження стебел (таблиця 5.33) показали, що у контрольному варіанті та при внесенні  $N_{60}P_{60}$  баланс був від'ємним, що свідчить про виснаження ґрунту.

Внесення калійних добрив забезпечувало позитивний баланс (10–31 кг/га), а найбільший показник отримано при підвищеній дозі калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) – до 52 кг/га. Використання мікродобрих у складі системи  $N_{60}P_{60}K_{60}$  підтримувало позитивний баланс.

Отже, позитивний баланс калію формується лише за умов внесення калійних добрив, особливо у варіанті  $N_{90}P_{60}K_{90}$ .

Таблиця 5.33

**Баланс калію в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від  
удобрення без відчуження стебел, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без добрив (контроль)	-37,8	-27,9	-26,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,7	29,5	31,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	14,8	19,8	24,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	-46,6	-39,8	-33,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,1	16,4	23,2
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,3	16,5	22,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,0	14,2	22,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	39,1	45,3	52,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	8,8	15,4	22,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	8,6	15,2	23,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	7,8	14,3	22,8

Застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику. Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до 154,5 кг/га або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до 195,8 кг/га або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4–7 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>). Підвищення частки азотної складової до 90–120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до 201,8–209,1 кг/га або на 3–7 % порівняно з внесенням N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. За внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4 %.

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшували господарське винесення азоту

лише на 2–4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліду.

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива. При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Відносне винесення азоту з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел мало змінювався залежно від року проведення досліджень і зростав від внесення азотних добрив у складі повного мінерального добрива. Так, у варіанту без добрив відносне винесення азоту становило 52,5 кг, а за внесення добрив з азотною складовою – 52,3–55,0 кг. При цьому застосування борного добрива у підживлення мало впливало на цей показник.

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від’ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

Результати досліджень свідчать, що господарське винесення фосфору

соняшником істотно змінювалося залежно від системи удобрення. Так, у середньому за три роки досліджень винесення фосфору з урожаєм (насінням та стеблами) становило лише 83,3 кг/га у контрольному варіанті (без добрив). Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення показника до 91,9 кг/га, а внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) – до 105,5 кг/га.

Внесення комбінації азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 109,7 кг/га, тоді як повне мінеральне удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило ще вищий рівень – 115,8 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  та  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) підвищувало винесення до 117,2–119,4 кг/га.

Додаткове внесення калію у підвищеній нормі ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) утримувало показник на рівні 118,0 кг/га. Застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало винесення на рівні 117,8–120,0 кг/га. Максимальне значення (139,8 кг/га у 2023 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що відносно винесення фосфору соняшником змінювалося залежно від системи удобрення та року досліджень. У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) забезпечував винесення фосфору на рівні 33,9 кг/га.

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) сприяло незначному підвищенню показника до 34,0 кг/га, тоді як внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) знижувало його до 31,8 кг/га. Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечила винесення на рівні 32,9 кг/га.

Найвищі значення спостерігалися у варіантах з повним мінеральним удобренням ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), де середній показник становив 33,9 кг/га, а також за його поєднання зі стимуляторами росту ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ), що утримувало винесення у межах 33,8–33,9 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) не призводило до істотного підвищення показника, утримуючи його на рівні 33,1–33,5 кг/га.

Розрахунки показують, що баланс фосфору у ґрунті здебільшого мав

від'ємні значення. У контрольному варіанті дефіцит становив від  $-81,0$  до  $-54,2$  кг/га. Застосування  $P_{60}K_{60}$  значно покращувало показники і в 2025 р. навіть забезпечило позитивний баланс  $(+1,7$  кг/га).

Внесення азотно-калійних добрив ( $N_{60}K_{60}$ ) погіршувало ситуацію ( $-93,0 \dots -70,6$  кг/га), тоді як комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) зменшувала дефіцит до  $-8,7$  кг/га. Повне мінеральне удобрення було у межах від  $-13$  до  $-18$  кг/га.

Загальне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив  $144,5$  кг/га.

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення до  $158,5$  кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до  $185,0$ – $186,5$  кг/га.

Найвищі значення відмічено у варіантах із комплексним внесенням NPK, де середні показники досягали  $197,1$ – $204,2$  кг/га. Додаткове застосування мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення забезпечило максимальне винесення калію – понад  $204$  кг/га.

Застосування добрив суттєво підвищує винесення калію соняшником як насінням, так і стеблами. Найбільш ефективними виявилися варіанти з комплексним внесенням NPK у поєднанні з мікродобривами, що забезпечили максимальне винесення елементу.

Відносне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив  $100,1$  кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) не забезпечило істотного приросту –  $97,1$  кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) призвело до зниження показників до  $87,2$ – $88,1$  кг/га.

Комплексне удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та його модифікації забезпечили



дещо вищі результати – у межах 90,3–91,8 кг/га. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із додаванням мікродобрів ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ), де середні показники становили 91,2–91,8 кг/га.

Результати досліджень балансу калію в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від удобрення без відчуження стебел показали, що у контрольному варіанті та при внесенні  $N_{60}P_{60}$  баланс був від'ємним, що свідчить про виснаження ґрунту.

Внесення калійних добрив забезпечувало позитивний баланс (10–31 кг/га), а найбільший показник отримано при підвищеній дозі калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) – до 52 кг/га. Використання мікродобрів у складі системи  $N_{60}P_{60}K_{60}$  підтримувало позитивний баланс.

Результати досліджень висвітлено в працях здобувача [138].

## РОЗДІЛ 6

### АГРОХІМІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ

Соняшник, як одна з основних олійних культур, займає значну частину посівних площ в Україні та інших країнах, і його вирощування безпосередньо пов'язане з вибором оптимальних агрономічних прийомів. Домінування соняшнику в структурі виробництва олійних культур надає цій культурі особливу роль на сільськогосподарському ринку України [142]. Олійні культури в Україні становлять значну частку (понад 30%) від загальної структури посівних площ сільськогосподарських культур у всіх природно-кліматичних зонах. Виробництво олійних культур в Україні здійснюється інтенсивними методами, а перспективи подальшого розвитку полягають у збільшенні їх валового збору шляхом підвищення продуктивності на основі впровадження сучасних сортів і гібридів рослин [142].

Для пом'якшення негативних факторів (надмірного антропогенного навантаження, погіршення водного, поживного режимів та вмісту гумусу в ґрунті) та покращення системи живлення рослин соняшнику необхідно ширше використовувати мінеральні, органічні та мікродобрива, а також регулятори росту рослин [8471]. Регуляторні механізми біологічних препаратів посилюють розвиток листової поверхні та активують важливі функції, необхідні для життєдіяльності рослин соняшнику: мембранні процеси, поділ клітин, дихання та живлення, активність ферментативної системи та фотосинтез. У період росту розвивається розгалужена коренева система з підвищеною поглинальною здатністю [43].

Системи удобрення також відіграють ключову роль у формуванні врожайності соняшнику. Використання мінеральних та органічних добрив, а також біологічних препаратів не тільки збільшує вміст поживних речовин у ґрунті, але й оптимізує процеси фотосинтезу та накопичення олії

в насінні [76]. Численні дослідження [73, 78, 81] продемонстрували позитивний вплив біодобрих та зацікавленість у впровадженні інноваційних практик для покращення родючості ґрунту, збереження водних ресурсів, захисту навколишнього середовища та забезпечення розвитку сталого органічного сільського господарства.

Результати досліджень свідчать, що найвищі витрати добрив на формування 1 приросту врожаю насіння соняшнику були за внесення фосфорних і калійних добрив без азотної складової (табл. 6.1). При цьому цей показник значно змінювався залежно від року проведення досліджень – від 526 до 706 кг д. р. Необхідно відзначити, що внесення повного мінерального добрива з азотною складовою значно знижувало їх витрати на формування 1 т приросту насіння, проте також він змінювався залежно від року проведення досліджень.

Таблиця 6.1

**Витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння  
соняшнику, кг д. р.**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	526	706	667	633
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	117	102	150	123
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	124	98	179	133
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	164	124	209	166
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	186	136	206	176
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	214	130	226	190
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	222	148	220	197
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	153	112	202	156
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	143	114	198	152
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	133	108	200	147

Найменшими були витрати добрив у парних комбінаціях – 98–

179 кг д. р. За внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  витрати добрив були від 124 до 209 кг д. р. залежно від року дослідження. При цьому застосування борного добрива знижувало показник витрати мінеральних добрив порівняно з внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Окупність 1 кг д. р. азотних добрив також значно змінювалась залежно від року проведення досліджень (табл. 6.2). Так, за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  цей показник змінювався від 9,5 до 21,3 кг насіння соняшнику. При цьому вищі показники окупності в 2024 р. зумовлено більшою реакцією на внесення добрив. За збільшення дози азотних добрив окупність їх знижувалась до 4,9–13,9 кг насіння. Необхідно відзначити, що застосування борного добрива в підживлення значно збільшувало окупність азотних добрив порівняно з внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Таблиця 6.2

**Окупність 1 кг д. р. азотних добрив, кг насіння соняшнику**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
$N_{60}K_{60}$	8,3	16,8	10,3	11,8
$N_{60}P_{60}$	7,3	17,7	8,2	11,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	9,5	21,3	11,3	14,1
$N_{90}P_{60}K_{60}$	6,7	15,2	9,3	10,4
$N_{120}P_{60}K_{60}$	4,9	13,9	7,3	8,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	6,1	16,1	10,1	10,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	10,8	24,0	11,8	15,6
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	12,2	23,5	12,2	15,9
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	13,7	25,0	12,0	16,9

Подібну тенденцію встановлено для окупності 1 кг д. р. мінеральних добрив (табл. 6.3). Найвищі показники забезпечували парні комбінації добрив – 3,7–8,8 кг насіння, що зумовлено нижчою реакцією соняшнику на калійні та фосфорні добрива. За умови внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі

позакореневого підживлення борною кислотою окупність зростала до 3,6–8,3 кг насіння або на 1–2 % порівняно з внесенням повного мінерального добрива без бору. При цьому найвищу ефективність мало дворазове застосування бору порівняно з одноразовим.

Таблиця 6.3

**Окупність 1 кг д. р. добрив, кг насіння соняшнику**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,2	8,4	5,2	5,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	3,7	8,8	4,1	5,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,2	7,1	3,8	4,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,9	6,5	4,0	4,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,5	7,0	3,7	4,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2,3	6,0	3,8	4,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub>	3,6	8,0	3,9	5,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53–55</sub>	4,1	7,8	4,1	5,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12–14</sub> + B <sub>53–55</sub>	4,6	8,3	4,0	5,6

Необхідно відзначити, що коефіцієнт енергетичної ефективності менше одиниці був за всі роки досліджень при внесенні фосфорних і калійних добрив (табл. 6.4). У 2024 р. всі системи удобрення, що містили азот мали коефіцієнт енергетичної ефективності вище одиниці. У 2023 і 2025 рр. найвищу енергетичну ефективність мали системи удобрення з дозою азотних добрив 60 кг/га д. р. При цьому застосування бору в позакореневе підживлення підвищувало коефіцієнт енергетичної ефективності застосування повного мінерального добрива.

Застосування парних комбінацій азотних і калійних добрив забезпечувало найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності – 1,67–2,95 залежно від року проведення досліджень. Внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечували дещо нижчий цей показник – 1,06–2,48.

Таблиця 6.4

**Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування добрив під  
соняшник**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
$P_{60}K_{60}$	0,57	0,14	0,21	0,31
$N_{60}K_{60}$	2,44	2,95	1,67	2,35
$N_{60}P_{60}$	1,51	2,19	0,74	1,48
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,64	2,48	1,06	1,73
$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,05	1,80	0,85	1,23
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0,64	1,69	0,55	0,96
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,91	1,86	0,92	1,23
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	1,83	2,86	1,14	1,94
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	2,02	2,79	1,18	2,00
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	2,24	3,01	1,16	2,14

Економічна ефективність застосування добрив під соняшник змінювалась залежно від сценарію удобрення (табл. 6.5). Найвищий прибуток забезпечувало застосування  $N_{120}P_{60}K_{60}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі бору – 19,1–19,9 тис. грн./га. Проте цей прибуток був лише на 1,0–1,1 тис. більшим порівняно з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Крім цього, прибуток на рівні 18,3 тис. грн./га забезпечувало внесення  $N_{60}K_{60}$ , що дає можливість застосувати неповне повернення елементів живлення.

Найменшу ефективність мало внесення фосфорних і калійних добрив – 0,7 тис. грн./га, що зумовлено найменшою реакцією рослин соняшнику на їх застосування.

Таблиця 6.5

**Економічна ефективність внесення добрив під соняшник**

Варіант дослідів	Показник				
	Приріст урожаю, т/га	Витрати на внесення добрив, тис. грн/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,29	6,6	7,3	0,7	11
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,00	6,74	25,1	18,3	272
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,96	8,34	23,9	15,6	187
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,14	10,34	28,4	18,1	175
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,23	11,96	30,8	18,8	157
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,34	13,58	33,5	19,9	147
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,26	12,96	31,6	18,6	144
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub>	1,23	12,14	30,7	18,5	153
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>53-55</sub>	1,25	12,14	31,3	19,1	157
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + B <sub>12-14</sub> + B <sub>53-55</sub>	1,31	12,74	32,7	19,9	156

У результаті проведених розрахунків встановлено, що:

Найвищі витрати добрив на формування 1 приросту врожаю насіння соняшнику були за внесення фосфорних і калійних добрив без азотної складової. При цьому цей показник значно змінювався залежно від року проведення досліджень – від 526 до 706 кг д. р. Необхідно відзначити, що внесення повного мінерального добрива з азотною складовою значно знижувало їх витрати на формування 1 т приросту насіння, проте також він змінювався залежно від року проведення досліджень.

Окупність 1 кг д. р. азотних добрив також значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  цей показник змінювався від 9,5 до 21,3 кг насіння соняшнику. При цьому вищі показники окупності в 2024 р. зумовлено більшою реакцією на внесення добрив. За збільшення дози азотних добрив окупність їх знижувалась до 4,9–13,9 кг насіння. Необхідно відзначити, що застосування борного добрива в підживлення значно збільшувало окупність азотних добрив порівняно з внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Подібну тенденцію встановлено для окупності 1 кг д. р. мінеральних добрив. Найвищі показники забезпечували парні комбінації добрив – 3,7–8,8 кг насіння, що зумовлено нижчою реакцією соняшнику на калійні та фосфорні добрива. За умови внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі позакореневого підживлення борною кислотою окупність зростала до 3,6–8,3 кг насіння або на 1–2 % порівняно з внесенням повного мінерального добрива без бору. При цьому найвищу ефективність мало дворазове застосування бору порівняно з одноразовим.

Коефіцієнт енергетичної ефективності менше одиниці був за всі роки досліджень при внесенні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. всі системи удобрення, що містили азот мали коефіцієнт енергетичної ефективності вище одиниці. У 2023 і 2025 рр. найвищу енергетичну ефективність мали системи удобрення з дозою азотних добрив 60 кг/га д. р. При цьому застосування бору в позакореневе підживлення підвищувало коефіцієнт енергетичної ефективності застосування повного мінерального добрива.

Застосування парних комбінацій азотних і калійних добрив забезпечувало найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності – 1,67–2,95 залежно від року проведення досліджень. Внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечували дещо нижчий цей показник – 1,06–2,48.

Економічна ефективність застосування добрив під соняшник змінювалась залежно від сценарію удобрення. Найвищий прибуток



забезпечувало застосування  $N_{120}P_{60}K_{60}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі бору – 19,1–19,9 тис. грн./га. Проте цей прибуток був лише на 1,0–1,1 тис. більшим порівняно з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Крім цього, прибуток на рівні 18,3 тис. грн./га забезпечувало внесення  $N_{60}K_{60}$ , що дає можливість застосувати неповне повернення елементів живлення.

## ВИСНОВКИ

У дисертації визначено формування показників продуктивності соняшнику за різних видів і доз добрив з урахуванням сучасних змін погодних умов. Встановлено параметри господарського, відносного винесення основних елементів живлення, коефіцієнти їх використання, їх баланс за різного удобрення та погодних умов, що виявляється в наступному:

1. У середньому за три роки досліджень маса 1000 насінин була найменшою на ділянках без добрив – 47,9 г. Застосування  $N_{60}$  забезпечувало збільшення цього показника до 53,0–53,4 г або на 10–11 %. Подібно впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Збільшення дози азотних добрив до 90–120 кг/га д. р. навпаки зменшувало масу 1000 насінин до 50,4–48,5 г, проте цей показник був вищим порівняно з контролем.

У середньому за три роки досліджень маса насіння збільшувалась від 50,8 до 55,2 г за внесення фосфорних і калійних добрив. Застосування  $N_{60-120}$  у системі удобрення соняшнику збільшувало масу насіння до 67,2–70,1 г або на 32–38 % порівняно з ділянками без добрив. Збільшення кількості калійних добрив до  $K_{90}$  збільшувало масу насіння з однієї рослини лише на 1 % порівняно з  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Застосування борної кислоти у різні фази росту рослин також не мало значної переваги порівняно з внесенням добрив без позакореневого підживлення.

Маса насіння з однієї рослини соняшнику значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. У 2023 р. за період жовтень–квітень випало 300 мм опадів, у 2024 р. – 341 мм, а в 2024 р. – 265 мм опадів. За період травень–липень випало відповідно 151, 116 і 225 мм опадів. Крім цього, оптимальна температура повітря для росту соняшнику була лише в 2023 р., а в 2024 р. були періоди з високою та в 2025 р. з низькою температурою в період формування вегетативної маси, що

негативно вплинуло на формування маси насіння з однієї рослини. Так, найвищою маса насіння була в 2023 р. – 66,5–86,6 г, у 2025 р. – 46,4–64,7 г, а в 2024 р. – 39,6–62,8 г залежно від варіанту досліду.

У середньому за три роки кількість насіння збільшувалось до 1190–1442 шт. за внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив або на 13–37 % порівняно з контролем (1050 шт.). Застосування борної кислоти достовірно не впливало на формування кількості насіння на одній рослині. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечували зниження кількості насіння завдяки збільшенню маси 1000 насінини і маси насіння з однієї рослини.

2. Встановлено, що соняшник найбільше реагує на внесення азотних добрив. Так, за застосування  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення врожайності на 9 % порівняно з контролем. Варіанти із внесенням 60 кг/га д. р. азотних добрив у різних комбінаціях з фосфорними і калійними підвищували її на 24–33 %. При цьому ефективним було внесення  $N_{60}$ . Так, збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  забезпечувало збільшення врожайності лише на 1–4 % порівняно з  $N_{60}$ . Внесення  $N_{90}P_{60}K_{90}$  не мало достовірного впливу на врожайність порівняно з варіантом  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Необхідно відзначити, що застосування позакореневого підживлення борною кислотою в різні фази росту рослин також достовірно не збільшувало врожайності насіння соняшнику.

Урожайність значно змінювалась залежно від погодних умов року дослідження. Результати досліджень свідчать, що в 2023 р. найбільше на врожайність соняшнику впливало застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 5,55 т/га. Збільшення дози азотних добрив у складі повного мінерального добрива достовірно не впливало на врожайність насіння. Застосування борних добрив збільшували цей показник до 5,63–5,80 т/га залежно від строку обприскування. У 2024 р. найбільшу врожайність отримано за вирощування соняшнику при внесенні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  – 4,98 т/га або на 1,84 т/га більше порівняно з контролем. Застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання

4,59 т/га врожаю насіння, що лише на 8 % менше порівняно з внесенням найбільшої дози азотних добрив.

3. Вміст олії в насінні соняшнику мав тенденцію до зниження за внесення мінеральних добрив. Необхідно відзначити, що зниження вмісту олії було не достовірним. Так, у середньому за три роки досліджень цей показник у варіанті без добрив становив 45,5 %, а за внесення мінеральних добрив – 44,1–44,6 %. При цьому застосування борної кислоти у позакореневе підживлення забезпечувало формування вмісту жиру на рівні 45,1–45,2 %.

Результати збору олії з урожаю насіння соняшнику свідчать також про вищу ефективність застосування  $N_{60}$  у системі удобрення. При цьому внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило отримання 2243 кг/га олії, а в парних комбінаціях з азотними добривами – 2089–2175 кг/га або лише 4–7 % менше. Збільшення дози азотних добрив до  $N_{90-120}$  не забезпечували значного збору олії. Застосування борної кислоти у позакореневе підживлення збільшували збір олії до 2338–2395 кг/га або на 4–7 %, що було на рівні застосування  $N_{90-120}$ .

4. Відносне винесення азоту з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел мало змінювався залежно від року проведення досліджень і зростав від внесення азотних добрив у складі повного мінерального добрива. Так, у варіанту без добрив відносне винесення азоту становило 52,5 кг, а за внесення добрив з азотною складовою – 52,3–55,0 кг. При цьому застосування борного добрива у підживлення мало впливало на цей показник.

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних

добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5—125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

Результати досліджень свідчать, що господарське винесення фосфору соняшником істотно змінювалося залежно від системи удобрення. Так, у середньому за три роки досліджень винесення фосфору з урожаєм (насінням та стеблами) становило лише 83,3 кг/га у контрольному варіанті (без добрив). Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення показника до 91,9 кг/га, а внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) – до 105,5 кг/га.

Внесення комбінації азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 109,7 кг/га, тоді як повне мінеральне удобрення ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило ще вищий рівень – 115,8 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$  та  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) підвищувало винесення до 117,2–119,4 кг/га.

Додаткове внесення калію у підвищеній нормі ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) утримувало показник на рівні 118,0 кг/га. Застосування бору ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$  окремо або у поєднанні) у системі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечувало винесення на рівні 117,8–120,0 кг/га. Максимальне значення (139,8 кг/га у 2023 р.) зафіксовано у варіанті  $N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$ .

Проведені розрахунки свідчать, що відносно винесення фосфору соняшником змінювалося залежно від системи удобрення та року досліджень. У середньому за три роки контрольний варіант (без добрив) забезпечував винесення фосфору на рівні 33,9 кг/га.

Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) сприяло незначному підвищенню показника до 34,0 кг/га, тоді як внесення азотно-калійних ( $N_{60}K_{60}$ ) знижувало його до 31,8 кг/га. Комбінація азоту та фосфору ( $N_{60}P_{60}$ ) забезпечила винесення на рівні 32,9 кг/га.

Найвищі значення спостерігалися у варіантах з повним мінеральним удобренням ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ), де середній показник становив 33,9 кг/га, а також за його поєднання зі стимуляторами росту ( $B_{12-14}$ ,  $B_{53-55}$ ), що утримувало

винесення у межах 33,8–33,9 кг/га. Збільшення дози азоту ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) та калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) не призводило до істотного підвищення показника, утримуючи його на рівні 33,1–33,5 кг/га.

Розрахунки показують, що баланс фосфору у ґрунті здебільшого мав від'ємні значення. У контрольному варіанті дефіцит становив від –81,0 до –54,2 кг/га. Застосування  $P_{60}K_{60}$  значно покращувало показники і в 2025 р. навіть забезпечило позитивний баланс (+1,7 кг/га).

Загальне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив 144,5 кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) забезпечило підвищення до 158,5 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) сприяло зростанню винесення до 185,0–186,5 кг/га. Найвищі значення відмічено у варіантах із комплексним внесенням NPK, де середні показники досягали 197,1–204,2 кг/га. Додаткове застосування мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ) у складі системи удобрення забезпечило максимальне винесення калію – понад 204 кг/га.

Відносне винесення калію соняшником з урожаєм насіння та відповідної кількості стебел залежно від систем удобрення, у контрольному варіанті без добрив середній показник становив 100,1 кг/га. Застосування фосфорно-калійних добрив ( $P_{60}K_{60}$ ) не забезпечило істотного приросту – 97,1 кг/га. Внесення азотно-калійних та азотно-фосфорних комбінацій ( $N_{60}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{60}$ ) призвело до зниження показників до 87,2–88,1 кг/га.

Комплексне удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та його модифікації забезпечили дещо вищі результати – у межах 90,3–91,8 кг/га. Найвищі значення спостерігалися у варіантах із додаванням мікродобрив ( $B_{12-14}$  та  $B_{53-55}$ ), де середні показники становили 91,2–91,8 кг/га.

Результати досліджень балансу калію в ґрунті за вирощування соняшнику залежно від удобрення без відчуження стебел показали, що у

контрольному варіанті та при внесенні  $N_{60}P_{60}$  баланс був від'ємним, що свідчить про виснаження ґрунту.

Внесення калійних добрив забезпечувало позитивний баланс (10–31 кг/га), а найбільший показник отримано при підвищеній дозі калію ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) – до 52 кг/га. Використання мікродобрив у складі системи  $N_{60}P_{60}K_{60}$  підтримувало позитивний баланс.

5. Найвищі витрати добрив на формування 1 приросту врожаю насіння соняшнику були за внесення фосфорних і калійних добрив без азотної складової. При цьому цей показник значно змінювався залежно від року проведення досліджень – від 526 до 706 кг д. р. Необхідно відзначити, що внесення повного мінерального добрива з азотною складовою значно знижувало їх витрати на формування 1 т приросту насіння, проте також він змінювався залежно від року проведення досліджень.

Окупність 1 кг д. р. азотних добрив також значно змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  цей показник змінювався від 9,5 до 21,3 кг насіння соняшнику. При цьому вищі показники окупності в 2024 р. зумовлено більшою реакцією на внесення добрив. За збільшення дози азотних добрив окупність їх знижувалась до 4,9–13,9 кг насіння. Необхідно відзначити, що застосування борного добрива в підживлення значно збільшувало окупність азотних добрив порівняно з внесенням лише  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Коефіцієнт енергетичної ефективності менше одиниці був за всі роки досліджень при внесенні фосфорних і калійних добрив. У 2024 р. всі системи удобрення, що містили азот мали коефіцієнт енергетичної ефективності вище одиниці. У 2023 і 2025 рр. найвищу енергетичну ефективність мали системи удобрення з дозою азотних добрив 60 кг/га д. р. При цьому застосування бору в позакореневе підживлення підвищувало коефіцієнт енергетичної ефективності застосування повного мінерального добрива.

Застосування парних комбінацій азотних і калійних добрив

забезпечувало найвищий показник коефіцієнта енергетичної ефективності – 1,67–2,95 залежно від року проведення досліджень. Внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечували дещо нижчий цей показник – 1,06–2,48.

Економічна ефективність застосування добрив під соняшник змінювалась залежно від сценарію удобрення. Найвищий прибуток забезпечувало застосування  $N_{120}P_{60}K_{60}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на тлі бору – 19,1–19,9 тис. грн./га. Проте цей прибуток був лише на 1,0–1,1 тис. більшим порівняно з внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Крім цього, прибуток на рівні 18,3 тис. грн./га забезпечувало внесення  $N_{60}K_{60}$ , що дає можливість застосувати неповне повернення елементів живлення.



## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України за умови вирощування середньостиглого гібриду соняшнику НК Неома ефективним є внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  з обробленням посівів борною кислотою (доза 500 г/га) в фазах ВВСН12–14 і ВВСН53–55 або без позакореневого підживлення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adeleke B.S., Babalola O.O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci Nutr*. 2020. Vol. 8. P. 4666–4684.
2. Agegnehu G., Nelson P. N., Bird M. I. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 160. P. 1–13.
3. Ahmad R., Waraich E. A., Ashraf M. Y. et al. Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. *J. Plant Nutr*. 2014. № 37. P. 942–963.
4. Alzain M.N., Loutfy N., Aboelkassem A. Effects of Different Kinds of Fertilizers on the Vegetative Growth Antioxidative Defense System and Mineral Properties of Sunflower Plants. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. 10072.
5. Bailly C. et al. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*. 2000. Vol. 10. P. 35–42.
6. Buldykova I. A., Sheudzhen A. Kh., Bondareva T. N. Trace elements in sunflower crops. *Scientific Journal of KubSAU*. 2015. № 107(03). P. 25–29.
7. Calamai A. et al. Evaluation of Agronomic Performance and Seed Oil Composition of Sunflower Genotypes in South Madagascar. *Agricultural Sciences*. 2018. № 9. P. 1337–1353. <https://doi.org/10.4236/as.2018.910093>
8. Casali B. et al. Multi-step chemo-enzymatic synthesis of azelaic and pelargonic acids from the soapstock of high-oleic sunflower oil refinement. *Green Chemistry*. 2022. № 24. P. 2082–2093. doi: 10.1039/D1GC03553C.
9. Chen G., Cai T., Wang J., Wang Y., Ren L., Wu P., et al. Suitable fertilizer application depth enhances the efficient utilization of key resources and

improves crop productivity in rainfed farmland on the loess plateau, China.

Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. doi: 10.3389/fpls.2022.900352

10. Chen M., Graedel T. E. A half-century of global phosphorus flows, stocks, production, consumption, recycling, and environmental impacts. *Global Environ. Change*. 2016. Vol. 36. P. 139–152.

11. Cherednichenko O. Current state and development of specialized enterprises - producers of sunflower. *Modern management review*. 2020. № 27(2). P. 7–13. <https://doi.org/10.7862/rz.2020.mmr.11>

12. Coêlho E. D. S. et al. Efficiency of nitrogen use in sunflower. *Plants*. 2022. № 11(18). P. 23–29. doi: 10.3390/plants11182390.

13. Crista F. et al. The study of the impact of complex foliar fertilization on the yield and quality of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) by principal component analysis. *Agronomy*. 2023. № 13 (8). P. 20–28. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>

14. Cvejic S. et al. Evaluation of Combining Ability in Ornamental Sunflower for Floral and Morphological Traits. *Czech Journal of Genetics & Plant Breeding*. 2017. № 53(2). P. 83–88. doi: <https://doiorg.steenproxy.sfasu.edu/10.17221/50/2016-CJGPB>

15. Dalchiavon F. C. et al. Agronomic traits and their correlations in sunflower hybrids adapted to second crop. *Pesq. agropec. bras*. 2016. № 51(11). P. 1806–1812. DOI: 10.1590/S0100-204X2016001100002

16. Deepika P., Ali D. M. Production and assessment of microalgal liquid fertilizer for the enhanced growth of four crop plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. № 28. P. 101–107. doi: 10.1016/j.bcab.2020.101701.

17. Depar M. S., Baloch M. J., Chacher Q. U. General and specific combining ability estimates for Morphological, yield and its attributes and seed traits in sunflower (*Helianthus annuus*) *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences*. 2018. Vol. 61(3). P. 126–135.

18. Domaratskiy E. O. Bazaliy V. V. Influence of Mineral Nutrition

and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(1). P. 126–129.

19. Domaratskiy E. O. et al. Analysis of Synergetic Effects from Multifunctional Growth Regulating Agents in the of Sunflower Mineral Nutrition System. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical*. 2019. Vol. 10 (2). P. 301–308.

20. Domaratskiy E. O., Zhuykov O. G., Ivaniv M. O. Influence of sowing periods and seeding rates on yield of grain sorghum hybrids under regional climatic transformations. *Indian Journal of Ecology*. 2018. № 45(4). P. 785–789. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/331502233>.

21. Domaratskiy Y. Leaf Area Formation and Photosynthetic Activity of Sunflower Plants Depending on Fertilizers and Growth Regulators. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. № 22(6). P. 99–105.

22. Duca M. et al. Environmental response in sunflower hybrids: A multivariate approach Romanian. *Agricultural Research*. № 39. 2022. P. 2–14.

23. European Commission. Eurostat. Data Database. Monthly minimum wages – bi-annual data (earn\_mw\_cur). URL: [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=earn\\_mw\\_cur&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=earn_mw_cur&lang=en).

24. Flagella Z. et al. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*. 2002. № 17(3). P. 221–230. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00012-6.

25. Food and Agriculture Organization of the United Nations: веб-сайт. URL: <http://www.FAO.org>. (дата звернення: 12.09.2023).

26. Gamajunova V. V. et al. Influence of biologics on water consumption of winter barley and sunflower in conditions of Ukrainian Southern Steppe. *Innovative Solutions In Modern Science*. New York. TK Meganom LLC. 2020. № 6 (42). P. 149–176.

27. Gentile R., Vanlauwe B., Chivenge P., Six J. Interactive effects from combining fertilizer and organic residue inputs on nitrogen

transformations. *Soil Biol. Biochem.* 2008. Vol. 40. P. 2375–2384.

28. Ghosh D., Brahmachari K., Skalický M., Roy D., Das A., Sarkar S., Moulick D., Brestic M., Hejnak V., Vachova P., et al. The combination of organic and inorganic fertilizers influence the weed growth productivity and soil fertility of monsoon rice. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17. e262586.

29. Giannini V. et al. Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*. 2022. № 260. P. 107–117. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107287.

30. Handayati W., Sihombing D. Study of NPK fertilizer effect on sunflower growth and yield. International conference on biology and applied science (ICOBAS). 2019. <https://doi.org/10.1063/1.5115635>

31. Hanhur V. V. Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 1. P. 116–121. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13>

32. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Kocherha A. A. The effectiveness of bio-stimulators for pre-sowing treatment of sunflower seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2020. № 2. P. 36–42. doi: 10.31210/visnyk2020.02.04.

33. Hanhur V., Kosminskyi O., Len O., Totskyi V. Influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*,. 2022. № 2. P. 50–56. doi: 10.31210/visnyk2022.02.05

34. Haq M. T., Akter R., Jewel K. N. A. Effect of fertilizers on growth and yield of sunflower. *International Journal of Business and Social Science Research*. 2020. № 8 (3). P. 103–106.

35. Jan A. U. et al. Zinc-induced anti-oxidative defense and osmotic adjustments to enhance drought stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 2022. № 193. P. 104–122. doi: 10.1016/j.envexpbot.2021.104682.

36. Kachanova T. et al. Productivity of high-oleic sunflower when

grown in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2023. № 27(1). P. 41–50. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.41>

37. Kalambet V. Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus* L.) depending on agrotechnical methods. Scientific Progress & Innovations. 2025. № 28 (2). P. 81–86. doi: 10.31210/spi2025.28.02.13

38. Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L. Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Shytiy O. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. American journal of Plant Science. 2020. Vol. 11 No. 8. P. 213–221.

39. Kandil A. A., Sharief A. E., Odam A. M. A. Response of some sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) to different nitrogen fertilizer rates and plant densities. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). 2017. Vol. 2 (6). P. 2978–2994. doi: 10.22161/ijeab/2.6.26

40. Kaya Y., Evci G., Pekcan V., Yilmaz M.I. Clearfield technology in sunflower and developing herbicide resistance sunflower hybrids. Soil-Water J 2(2). 2013. P. 1713–1720.

41. Kovalenko O. et al. Advances in nutrition of sunflower on the Southern Steppe of Ukraine. In Soils under stress. 2021. P. 215–223. Cham: Springer International Publishing.

42. Kuts T., Makarchuk O. The economic efficiency of sunflower seed production in ukraine: state and perspectives. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2021. Vol. 21. Issue 1. P. 449–456.

43. lafer G. A., Savin R. Can N management affect the magnitude of yield loss due to heat waves in wheat and maize? Curr. Opin. Plant Biol. 2018. Vol. 45. P. 276–283.

44. Li B. et al. Enzymatic conversion of soapstock fatty acids from oil refining waste to biosurfactant using a low-cost liquid lipase and a new

application as an antioxidant. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022.  
doi: 10.1007/s13399-022-02612-z.

45. Liabah S. Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus L.*) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. *Agroecological Journal*. 2022. №4. P. 130–135.  
<https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259>

46. Ma'Ali S. How to improve the oil yield of a sunflower crop: crops-sunflower. *Farmer's Weekly*. 2020. P. 38–39.

47. Ma'ali S. Improve sunflower oil and seed yield by planting on time: quality & nutrition. *Oilseeds Focus*. 2019. № 5(4). P.40–43.

48. Mahapatra A. N. I., Gouda B., Ramesh K. Productivity and profitability of summer sunflower (*Helianthus annuus L.*) with integrated nutrient management. *Journal of Oilseeds Research*. 2021. № 38(1). P. 106–109.  
DOI: <https://doi.org/10.56739/jor.v38i1.137020>.

49. Melnyk A. et al. Productivity and Quality of High-Oleic Sunflower Seeds as Influenced by Foliar Fertilizers and Plant Growth Regulators in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2019. № 8. P. 167–174.

50. Mladenović E. et al. Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. *Horticultural science (Praha)*. 2020. № 47(1). P. 45–52. doi:10.17221/10/2019-HORTSCI

51. Modanlo H., Baghi M., Malidarreh A. G. Sunflower (*Helianthus annuus L.*) grain yield affected by fertilizer and plant density. *Central Asian Journal of Plant Science Innovatio*. 2021. № 1 (2). P. 102–108.

52. Mynkin M. V. Influence of the elements of sunflower cultivation technology on yield in post-harvest crops under irrigation in the south of Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 2. С. 35–42.

53. Nazar R. et al. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*. 2012. Vol. 3. P. 1476–1489.

54. Nel A., Ma'ali S. The performance of sunflower under conservation agriculture: agronomy. *Oilseeds Focus*. 2019. № 5(4). P. 9–11.
55. Nikitenko O. V., Polyakov O. I., Makhova T. V. Influence of methods of main tillage on growth, development and productivity of sunflower in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2023. № 34. P. 84–96.  
<https://doi.org/10.36710/ioc-2023-34-08>
56. Nobile C. M. et al. Phosphorus sorption and availability in an andosol after a decade of organic or mineral fertilizer applications: Importance of pH and organic carbon modifications in soil as compared to phosphorus accumulation. *Chemosphere*. 2020. № 239. P. 124–132. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124709
57. Oshundiya et al. Seed Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as Influenced by Staggered Sowing and Organic Fertilizer Application in the Humid Tropics. *HELIA*. 2014. № 37(61). P. 237–255.
58. Poliakov O. I., Nikitenko O. V., Litoshko S. V. Economic and bioenergy efficiency of sunflower cultivation depending on agricultural receptions. (2021). *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. № (30). 2021. P. 84–95. doi: 10.36710/ioc-2021-30-09
59. Priporov I. E., Shepelev A. B. Digital technologies in quality determination of sunflower seeds. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 1–6.
60. Rasool F. et al. Nutritional yield and economic responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to integrated levels of nitrogen, sulphur and farmyard manure. *The Journal of Agricultural Science* 8. 2013. P. 17–27.
61. Rauf S. et al. The exploitation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed and other parts for human nutrition, medicine and the industry. *Helia*. 2020. Vol. 43, № 73. P. 167–184. doi: 10.1515/helia-2020-0019.
62. Rondon et al. Agronomic Characteristics Correlation of Sunflower Genotypes Grown in the Second Crop in the Cerrado. *Journal of Experimental*



Agriculture International. 2019. 36(6). P. 1–9.

63. Ryzhenko A. S. et al. Yield plasticity of sunflower hybrids in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. № 16(4). P. 402–406. doi: 10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058.

64. Sakharchuk O. V., Garbar L. A. Optimization of nutrition conditions of sunflower growing. *Myronivka Bulletin*. 2018. № 7 (0). P. 146–155. doi: 10.31073/mvis201807-14

65. Sarwar G., Hussain N., Schmeisky H., Muhammad S., Ibrahim M., Safdar E. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pak. J. Bot.* 2008. Vol. 40. P. 275–282.

66. Sefaoglu F. et al. Effect of organic and inorganic fertilizers or their combinations on yield and quality components of oil seed sunflower in a semi-arid environment. *Turkish Journal of Field Crops*. 2021. № 26 (1). P. 88–95. <https://doi.org/10.17557/tjfc.869335>

67. Seiler G. J., Gulya T. J. Sunflower: Overview. In: C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, and J. Faubion, editors, *Encyclopedia of food and grains*. Vol. 1. 2nd ed. Elsevier, Waltham, MA. 2016. P. 247–253.

68. Shakaliy S. M. Formation crop yield and quality of sunflower seeds depending on foliar feeding. *Graincrops*. 1(1). 2017. P. 69–74

69. Short K., Etheredge C. L., Waliczek T. M. Studying the Market Potential for Specialty Cultivars of Sunflower Cut Flowers. *HortTechnology*. 2017. № 27(5). P. 611–617. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03710-17>

70. Shyian D., Ulianchenko N., Honcharova K. An innovative component in generating efficiency of sunflower production. *Economics & Education*. 2021. № 06(02). P. 23–28. DOI: 10.30525/2500-946X/2021-2-4.

71. Sim D. H. H., Tan I. A. W., Lim L. L. P., Hameed B. H. Encapsulated biochar-based sustained release fertilizer for precision agriculture: A review. *J. Cleaner Production*. 2021. Vol. 303. 127018.

72. Sokolovska I., Maschenko Yu. Biotechnological methods of growing sunflower in different fertilizer systems. *HELIA*. 2023. Vol. 46 (79). P. 233–243.
73. Stepasyuk L. et al. The cost recovery in the cultivation of different sunflower seed hybrids. *BIO Web of Conferences*. 2024. № 114. P. 12–18. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411401016>
74. Suhaida M.N., Faizah A.K., Norhanizan U., Azimah H., Shah S.Z. Effects of organic fertilizer on growth performance and postharvest quality of pak choy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.). *AgroTech–Food Sci. Technol. Environ.* 2022. Vol. 1. P. 43–50.
75. Tasneem B., Zia-Ur-Rehman M., Kulsoom Z., et al. (2015). Chemistry, Pharmacology and Ethnomedicinal Uses of *Helianthus annuus* (Sunflower): A Review. *Pure and Applied Biology*. 2015. Vol. 4. P. 226–235.
76. Thorup-Kristensen K., Halberg N., Nicolaisen M., Olesen J. E., Crews T. E., Hinsinger P., et al. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends Plant Sci.* 2020. Vol. 25. P. 406–417.
77. Totsky V., Gangur V., Polyakov I. Yield and quality of sunflower hybrid seeds (*Helianthus annuus* L.) depending on the fertilization system. *Scientific Progress and Innovations*. 2024. Vol. 27. No. 3. P. 112–118. DOI: 10.31210/spi2024.27.03.01
78. Totskyi V. M., Len A. I. Influence of macro- and micro fertilizers on biometry, performance and quality of sunflower hybrids. *Plant Breeding and Seed Production*. 2021. Vol. 119. P. 161–169. doi: 10.30835/2413-7510.2021.237160.
79. Totskyi V., Hanhur V., Poliakov I. Yield and quality of seed of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) depending on the fertilizer system. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (3). P. 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01>
80. Trotsenko V. et al. Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2020. № 40(2). P. 72–78.  
doi: 10.32845/agro.bio.2020.2.9.

81. Tsyliuryk O. I. et al. The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(3). P. 106–116.

82. Vozhegova R., Mitrofanov O., Malyarchuk M. Effectiveness of modern sunflower growing technologies under different conditions of moisture and methods and depth of the main tillage in the south of Ukraine. *Agricultural Machinery and Technologies*. № 1. 2013. P. 19–21.

83. Wang X., Wang M., Chen L., Shutes B., Yan B., Zhang F., et al. Nitrogen migration and transformation in a saline-alkali paddy ecosystem with application of different nitrogen fertilizers. *Environ. Sci. pollut. Res. Int.* 2023. Vol. 30. P. 51665–51678.

84. Wu X., Li J., Xue X., Wang R., Liu W., Yang B., et al. Matching fertilization with available soil water storage to tackle the trade-offs between high yield and low N<sub>2</sub>O emissions in a semi-arid area: Mechanisms and solutions. *Agric. Water Manage.* 2023. Vol. 288. 108488.

85. Yeremenko O., Kalenska S., Kalytka V. Safflower Productivity Depending on Seed Treatment by AKM Plant Growth Regulator and Level of Mineral Nutrition. *Agriculture & Forestry*. 2018. № 64. P. 65–72.  
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.1.08>

86. Yunk A. The efficiency of fertilisation in the cultivation of high oleic sunflower on typical low humus chernozems. *Plant and Soil Science*. 2021. Vol. 12(1). P. 39–49.

87. Zavorotny R., Bilyk O. Transformation of sunflower oil production in Ukraine due to acute economic crisis. *Journal of International Studies*. 2017. № 10(1). P. 225–236. doi:10.14254/2071-8330.2017/10-1/16

88. Zemichael B., Dechassa N. Effect of mineral fertilizer farmyard manure and compost on yield of bread wheat and selected soil chemical

properties in Enderta District Tigray Regional State Northern Ethiopia. East Afr. J. Sci. 2018. Vol. 12. P. 29–40.

89. Zorzi C. Z. et al. Sunflower protein concentrate: A possible and beneficial ingredient for glutenfree bread. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2020. № 66. P. 102–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102539>

90. Аврамчук В. І. Продуктивність соняшнику за внесення добрив та ретардантів в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... доктора філософії: 06.01.09. Вінниця, 2024. 20 с.

91. Базалій В. В., Добровольський А. В. Нові можливості підвищення ефективності виробництва продукції соняшника. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2015. №93. С. 3–6.

92. Білюк М. Ю., Хоміна В. Я. Біометричні показники та урожайність різностиглих гібридів соняшнику залежно від підживлення мікродобривами. Таврійський науковий вісник. 2022. 128. 17–22. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.128.4

93. Василенко М. Г., Зосімов В. Д. Роль органо-мінеральних добрив у підвищенні продуктивності сірих лісових ґрунтів. Збалансоване природокористування. 2014. № 2. С. 45–49.

94. Васильковська К. Тенденції та перспективи виробництва олійних культур в Україні й аналіз експорту олії. Агробізнес сьогодні. 19 лютого 2021 р.

95. Гавриш В. І. Лушпиння соняшника як енергетичний ресурс переробних підприємств. Розвиток українського села – основа аграрної реформи в Україні: матеріали Причорноморської регіональної наук.- практ. конф. професорсько-викладацького складу, м. Миколаїв, 20–22 квітня 2022 р. Миколаїв, 2022. С. 41–44.

96. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику під впливом позакореневих підживлень сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу України. Agrology. 2020. Т. 3,

№ 4. С. 225–231.

97. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технологій вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. № 1. С. 50–57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7.

98. Гангур В. В. та інш. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Scientific Progress & Innovations. 2022. № 2 (2). С. 50-56. DOI:<https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>

99. Гангур В. В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2. С. 50–56. URL: 68 <https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1635/2033>

100. Гарбар Л. А., Аврамчук В. І. Біометричні параметри рослин гібридів соняшнику за впливу умов живлення та ретарданту. Наукові доповіді НУБіП України. № 2/108. 2024. [https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.013](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.013)

101. Гарбар Л. А., Кнап Н. В. Реалізація генетичного потенціалу гібридів соняшнику за впливу умов живлення. Рослинництво та ґрунтознавство. Вип. 12. 2021. №4. С. 17–27.

102. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

103. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

104. Губенко Л. В., Задубинна Є. В., Тарасенко Т. В. Формування продуктивності соняшнику залежно від систем основного обробітку ґрунту і удобрення. Землеробство. 2018. Вип. 1. С. 27–31.

105. Гуска С. В. Урожайність соняшнику залежно від використання біопрепаратів та мікродобрив. Ефективне функціонування екологічностабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти. Матеріали IV

міжнародної науково-практичної інтернет конференції, м. Полтава, 18 грудня 2020 р. Полтава. 2020. С. 110–113.

106. Гуцол Г. В., Мазур О. В. Ріст та розвиток соняшнику залежно від удобрення. Сільське господарство та лісівництво. 2024. №32. С. 62–75. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1

107. Дахновська О. В. Шляхи використання соняшникового лушпиння. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11(2). С. 156–160.

108. Димитров С. Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2015. Вип. 23. С. 19–23.

109. Єременко О. А. Продуктивність соняшнику залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння за умов недостатнього зволоження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 25–30.

110. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

111. Зайцев О. М. Запровадження нових гібридів соняшнику – шлях до підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва. Пропозиція, 2002. № 8. С. 22–29.

112. Зінченко О. І. Рослинництво: підручник. Вид. третє, доповнене і переробл. Умань: Видавець «Сочінський М.М.». 2016. 612 с.

113. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: підручник. Київ: Аграрна освіта. 2001. 591 с. URL: <https://buklib.net/books/30331/> (дата звернення: 15.09.2023).

114. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітотметричних показників соняшнику. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2020. №

113. С. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.7>.

115. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітотричних показників соняшнику. Таврійський науковий вісник. 2020. № 113. С. 49–55.

116. Каленська С. М., Присяжнюк О. І., Мокрієнко В. А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. V. 16. № 4. Р. 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058>

117. Калинов О. О. Продуктивність рослин соняшника за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у Східному Лісостепу України. Журнал: «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво». 2024. №2. С. 29–47. DOI: 10.5281/zenodo.14609779

118. Капустіна Г. А., Лісовий М. В. Вплив післядії добрив на врожайність та олійність насіння соняшнику в умовах Південного Степу. Вісник аграрної науки. 2013. № 4. С. 30–32. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2013\\_4\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2013_4_8)

119. Карбівська У. М., Турак Р. О. Вплив строків посіву на продуктивність соняшнику в умовах Прикарпаття. Український журнал природничих наук. 2024. № 7. С. 141–147. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.15>.

120. Кирсанова Г. В., Пугач А. М., Губа Е. П. Удосконалення технології вирощування соняшнику шляхом оптимізації фону мінерального живлення. Dynamika naukowych badań-2017: materialy XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji, (Przemysl, 7-15 lipca 2017 roku). Przemysł: Nauka i studia, 2017. Р. 19–23.

121. Козіна Т. В. Науково-теоретичне і технологічне обґрунтування вирощування олійно-кормових культур в умовах Лісостепу Західного матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С 133–135.

122. Козлова О. П. Продуктивність соняшнику при застосуванні

біопрепаратів та стимуляторів росту у технології вирощування на півдні України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон. 2019. 184 с.

123. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В., Рудий О. Е. Основні напрями оптимізації елементів технологій вирощування гібридів соняшнику в різних екологічних пунктах Степу України. Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах: матеріали міжнар. кон. Херсон, 10–11 червня 2016 р. Херсон: РВЦ «Колос», 2016. С. 128–129.

124. Кононенко І.І., Ковальчук М.М. Соняшникова олія в харчуванні: історія, технології, перспективи. Львів: Інститут харчової біотехнології, 2016. 167 с.

125. Костромітін В. М., Скидан М. С. Вплив системи живлення на урожайність та якість насіння гібридів соняшнику в умовах Східної частини Лісостепу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2011. № 1. С. 107–111.

126. Кохан А. В. Ленъ І. О., Циліорик О. І. Наслідки насичення сівозмін соняшником. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2016. № 23. С. 131–136.

127. Кохан А. В. та інш. Урожайність соняшнику залежно від погодних умов та гібридного складу. Новітні агротехнології: електронне фахове видання. Інститут цукрових буряків. 2019. №7.

128. Курач О. В., Лукашук Я. Я., Пермута В. В. Вплив доз мінерального удобрення та симуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику. Вісник аграрної науки. 2023. № 8 (845). С. 12–19.

129. Любич В. В. Значення виду жирозамінника в технології кексів. Вісник Уманського НУС. 2022. № 1. С. 88–94.

130. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2023. № 2. С. 109–116.



131. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 109–116.
132. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.
133. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.
134. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. *Вісник ЛТЕУ*. 2023. № 34. С. 40–45.
135. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. *Вісник ЛТЕУ*. 2023. № 34. С. 40–45.
136. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.
137. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.
138. Любич В. В., Стоцький О. В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145. С.
139. Любич В. В., Стоцький О. В. Значення добрив у збалансованому природокористуванні за вирощування соняшнику. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної

сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 179–181.

140. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту жиру в насінні соняшнику залежно від удобрення. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченій 120-ій річниці від дня народження професора, члена-кореспондента Іллі Михайловича Полякова (20 жовтня 20254 р., м. Харків) / НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2025. С. 44–45.

141. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.

142. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.

143. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування індивідуальної продуктивності рослин соняшнику за різних доз добрив і їх поєднання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 559–565.

144. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.

145. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.

146. Мазнів Г. Є. Інноваційні ресурсозберігаючі технології: ефективність в умовах різного фінансового стану агроформувань. Харків: Вид-во «Майдан». 2015. 592с.

147. Маслійов С. В. та інш. Урожайність соняшнику за різних

систем удобрення. Агроном (19.10.2021): веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/urozhajnist-sonyashnyku-za-riznyh-systemudobrennya/> (дата звернення: 30.09.23).

148. Мащенко Ю., Гайденок О., Мудріченко М. Як впливає удобрення на урожайність соняшнику? Агрономія Сьогодні. 2017. URL : <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/808-iak-vplyvaie-udobrennia-naurozhainist-soniashnyku.html>

149. Мащенко Ю.В., Кернасюк Ю.В., Сергієнко О.Д., Ткач А.Ф. Вплив систем удобрення та біопрепарату на економічну ефективність вирощування соняшнику залежно від виходу олії. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 117–124.

150. Мельник А. В., Степаненко Д. М Вплив азотного живлення на кондитерські властивості соняшнику. Вісник Сумського державного аграрного університету. 2000. Вип. 4. С. 116–121.

151. Нестерчук В. В. Напрями оптимізації елементів технології вирощування гібридів соняшнику в умовах Півдня України (оглядова). Зрошуване землеробство. 2015. Вип. 63. С. 84–86.

152. Олійні культури України: монографія / [Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В. та ін.]; за ред. А. В. Чехова. К.: Основа, 2007. 416 с.

153. Осипчук С. О. Природно-сільськогосподарське районування України. Київ: Урожай, 2008.

154. Поліщук І. С., Поліщук М. І., Шинкарук В. А. Виробництво та використання насіння соняшнику для виробництва біодизеля. Збірник наукових праць ВНАУ. Відновлювальні джерела енергії. 2011. № 8 (48). С. 23–26.

155. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005.

156. Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України.

Київ : Колообіг, 2005.

157. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. Одеса : Видавництво «ТЕС», 2013.

158. Ревтьо О. Я., Набока В. В. Соняшник в Україні – стан, проблеми, перспективи (оглядова). Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. Херсон. 2022. Вип. 128. С. 170–178.

159. Рожков А. О., Калинов О. О. Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень. Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва. 2024. 131. С. 187–201. DOI: 10.32900/2312-8402-2024-131-187-201

160. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. Таврійський науковий вісник. 2023. № 131. С. 196–204.

161. Скидан В., Скидан М. Вплив припосівного внесення добрив та підживлення на соняшник. Агробізнес сьогодні. 2016. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/662-vplyv-pryposivnoho-vnesennia-dobryv-ta-pidzhyvlennia-na-soniashnyk.html>

162. Тетерещенко Н. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від способів і доз унесення добрив. Агробізнес Сьогодні. 2022. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/25515-produktyvnist-hibrydiv-soniashnyku-zalezno-vid-sposobiv-i-doz-unesennia-dobryv.html>

163. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України. Зернові культури. 2018. Т. 2. №1. С. 44–52.

164. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. Аграрні інновації. 2023. № 18. С. 120–127.

165. Ткачук О. П., Овчарук В. В. Потенціал біомаси побічної продукції рослинництва для удобрення ґрунту. Scientific achievements of modern society. Abstracts of IX international scientific and practical conference,

April 28–30. Liverpool. 2020. P. 1069–1076

166. Тоцький В. М., Гангур В. В., Поляков І. А. Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (3). С. 5–11.

167. Тоцький В. М. Вплив системи удобрення основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. №20. С. 204–209.

168. Тоцький В. М., Гангур В. В., Поляков І. А. Урожайність та якість насіння гібридів соняшника (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Науковий прогрес та інновації*. 2024. 27 (3). С. 5–11.

169. Тоцький В. М., Поляков О. І. Вплив мінеральних добрив на показники продуктивності та якості насіння гібридів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2011. №14. С. 232–237.

170. Тоцький В. М., Поляков О. І. Вплив мінеральних добрив на показники продуктивності та якості насіння гібридів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. №14. С. 232–237.

171. Турак Р. О. Продуктивність соняшнику залежно від системи удобрення в умовах західного регіону України. *Український журнал природничих наук* 2025. № 12. С. 240–247. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.24>.

172. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С., Фурманець І. Ю. Вплив систем обробітку ґрунту та удо-брення на вологозабезпеченість та продуктивність соняшнику в західному Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. Т. 8. № 2. С. 342–349. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0348>

173. Циліорик О. І. та інш. Вплив мінімального обробітку ґрунту та

удобрення на урожайність і олійність насіння соняшнику в умовах Північного Степу. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України. 2015. № 9. С. 11–15.

174. Цилюрик О. І., Кулік А. Ф., Гончар Н. В. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробітку та удобрення в посівах соняшнику. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2017. № 2 (44) С. 42–48.

175. Цилюрик О. І., Судак В. М. Вплив мінімального обробітку ґрунту та удобрення на ріст і розвиток рослин соняшнику в умовах Північного Степу. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. № 1 (39). С. 25–31.

176. Цилюрик О., Іжболдін О. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток рослин соняшнику в північному Степу України. Агробізнес сьогодні. 2022. (<https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/24359-vplyv-biopreparativ-na-rist-i-rozvytok-roslyn-soniashnyku-v-pivnichnomu-stepu-ukrainy.html>)

177. Чайківський Т. В. та інш. Одержання біопаливо із соняшникової олії та етилового спирту. Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.2. С. 114–118.

178. Черно О. Д., Усатюк О. В. Ріст рослин соняшнику за різних сценаріїв застосування мікродобрив на тлі основного внесення елементів живлення. Збірник наукових праць Уманського національного університету. Випуск 107. Частина 1. 2025. С. 439–444.

179. Шевченко О. М., Онопрієнко В. П., Оничко Г. О. Вплив систем удобрення на урожайність та господарські показники гібридів соняшнику в умовах північно-східного регіону України. Вісник Сумського НАУ. 2005. №12. С. 55–58.

## ДОДАТКИ

## Додаток А 1

«ПОГОДЖЕНО»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В. о. ректора Уманського національного  
університету

Директор ПП «АРТБУДІНВЕСТ»

Владилена СОКИРСЬКА

Олександр ЮДИЦЬКИЙ



## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри харчових технологій Стоцький О.В. на тему «Продуктивність соняшнику залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення соняшнику.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 65 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі  $N_{60}P_{30}K_{30}$ .
4. **Економічна ефективність** – 39,2 тис. грн/га у цінах 2025 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю. Ресурсоощадне застосування азотних добрив з високим економічним ефектом.

Аспірант кафедри  
харчових технологій  
Уманського національного  
університету

Олексій СТОЦЬКИЙ



## Додаток А 2

«ПОГОДЖЕНО»

В. о. ректора Уманського національного університету  
Владилена СОКИРСЬКА  
01.2026

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПОП «Соколівка»  
Михайло ГОНЧАРУК  
13.01.2026




**АКТ  
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ**

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи аспіранта кафедри харчових технологій Стоцький О.В. на тему «Продуктивність соняшнику залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено в технологічному процесі підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування удосконаленої системи удобрення соняшнику.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – розроблену систему удобрення соняшнику впроваджено на площі 85 га.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено науково-обґрунтовану систему удобрення, яка включає внесення добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .
4. **Економічна ефективність** – 35,2 тис. грн/га у цінах 2025 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – запропонована система удобрення забезпечила стабільніший приріст урожаю. Ресурсоощадне застосування азотних добрив з високим економічним ефектом.

Аспірант кафедри  
харчових технологій  
Уманського національного  
університету



Олексій СТОЦЬКИЙ

## Додаток Б

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стоцького Олексія Вікторовича

*Статті у фахових виданнях України*

1. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.

2. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування індивідуальної продуктивності рослин соняшнику за різних доз добрив і їх поєднання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 559–565.

3. Любич В. В., Стоцький О. В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145. С.

*Матеріали науково-практичних конференцій*

4. Любич В. В., Стоцький О. В. Значення добрив у збалансованому природокористуванні за вирощування соняшнику. «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. Умань, 2025. С. 179–181.

5. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту жиру в насінні соняшнику залежно від удобрення. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченій 120-ій річниці від дня народження професора, члена-кореспондента АН УРСР Іллі Михайловича Полякова (20 жовтня 20254 р., м. Харків) / НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2025. С. 44–45.