МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту
«____» _____ 2025 р.
Зав. кафедри к. с.-г. н, доцент
_____Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ТОВ «ЧОРНА КАМ'ЯНКА» УМАНСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав студент 2-го курсу, 25 м-а групи
ЧИРКІН Богдан Юрійович

Керівники:
ЧЕРНО Олена Дмитрівна,
кандидат с.-г. наук, доцент
САДОВСЬКИЙ Ігор Сергійович,
викладач

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКА ТА РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ 6
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ 14
2.1 Ботанічна і біологічна характеристика соняшнику 14
2.2. Характеристика гібриду соняшнику СИ АРІЗОНА 15
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 17
3.1 Ґрунтові умови 17
3.2. Погодні умови 18
3.3. Схема досліду 21
3.4. Агротехніка вирощування соняшнику у досліді 22
3.5 Методика проведення досліджень 23
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 24
4.1. Вплив різних доз мінеральних добрив на поживний режим ґрунту 24
4.2. Врожайність та якість соняшнику залежно від варіантів удобрення 27
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯРІЗНИХ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ 34
5.1. Економічна ефективність 34
5.2. Енергетична ефективність 37
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА 39
6.1. Організація охорони праці та техніка безпеки при виконанні польових робіт 39
6.2. Охорона навколишнього природного середовища 41
ВИСНОВКИ 43
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 45
ДОДАТКИ 53

ВСТУП

Соняшник є основною стратегічною культурою аграрного сектору України, яка забезпечує високу рентабельність та експортний потенціал. Черкаська область входить до лідерів вирощування цієї олійної культури, що передусім зумовлено сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. Однак, сучасне виробництво соняшника стикається з серйозними завданнями, серед яких головним викликом є зміна клімату.

Згідно з даними агрометеорологічних спостережень, останніми роками в зоні Правобережного Лісостепу, в якому розташований Уманський район, спостерігається стійка тенденція до підвищення середньодобових температур та нерівномірного розподілу опадів. Це призводить до частіших посух у критичні фази розвитку рослин, що лімітує врожайність навіть на родючих чорноземах. Як зазначає провідний агрометеоролог Т. І. Адаменко «зміна клімату в Україні призвела до зміщення кліматичних зон на північ, і умови Черкащини нині все більше нагадують умови Північного Степу, що вимагає перегляду технологій вирощування» [1].

У таких умовах ключовим фактором стабілізації виробництва для реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів соняшника стає оптимізація системи удобрення. Мінеральні добрива виступають не лише джерелом елементів живлення, але й потужним інструментом підвищення посухостійкості рослин. Раціональне співвідношення азоту, фосфору, калію, а також мікроелементів дозволяє рослинам економніше використовувати ґрунтову вологу та формувати потужну кореневу систему. Дослідження науковців, зокрема Є. М. Кривохижої та інших, підтверджують, що інтенсифікація технологій вирощування олійних культур неможлива без адаптивної системи живлення, яка враховує конкретні погодні умови регіону [2–4].

Проте, незважаючи на значну кількість наукових праць, питання впливу конкретних норм та комбінацій мінеральних добрив на продуктивність соняшника саме в умовах локальних мікрокліматичних змін Уманського району потребує уточнення. Це зумовлює актуальність теми кваліфікаційної роботи,

присвяченої вивченню ефективності удобрення в умовах ТОВ «Чорна Кам’янка».

Мета і завдання досліджень полягала у встановленні оптимальних норм мінеральних добрив для підвищення продуктивності та якості насіння соняшника в ґрунтово-кліматичних умовах ТОВ «Чорна Кам’янка» Уманського району Черкаської області.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати агрокліматичні умови та їх вплив на вегетацію соняшника у зоні проведення досліджень.

2. Вивчити особливості росту і розвитку рослин соняшника за різних систем удобрення.

3. Визначити вплив мінеральних добрив на елементи структури врожаю та загальну насіннєву продуктивність.

4. Оцінити економічну ефективність застосування досліджуваних систем удобрення.

Об’єкт дослідження – процес формування продуктивності соняшника залежно від умов мінерального живлення.

Предмет дослідження – ріст, розвиток, урожайність та якість насіння соняшника під впливом різних норм мінеральних добрив в умовах ТОВ «Чорна Кам’янка».

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше для ґрунтово-кліматичних умов Уманського району, на фоні сучасних змін клімату (зокрема, підвищення температурного режиму вегетаційного періоду), проведено комплексну оцінку впливу оптимізованих норм мінеральних добрив на реалізацію продуктивного потенціалу соняшника. Удосконалено елементи технології вирощування, що базуються на підвищенні коефіцієнта водоспоживання рослинами за рахунок збалансованого живлення.

рактичне значення одержаних результатів. Результати досліджень мають безпосередню практичну цінність для виробництва. На основі отриманих даних розроблено та запропоновано виробництву ТОВ «Чорна Кам’янка» економічно

обґрунтовану систему удобрення, яка забезпечує приріст урожайності на рівні 0,3–0,5 т/га та підвищення олійності насіння. Рекомендації можуть бути використані іншими господарствами Уманського району з подібними ґрунтовими умовами для адаптації технологій до змін клімату. Як вказують В.В. Лихочвор та співавтори, впровадження науково обґрунтованих систем удобрення є найбільш швидкоокупним заходом у рослинництві [5].

Апробація результатів досліджень. Основні положення кваліфікаційної роботи викладено у збірнику тез доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні питання сучасної аграрної науки".

РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКА ТА РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

Україна посідає друге місце у світі за виробництвом високоолеїнового соняшнику [6]. Соняшникову олію широко використовують у харчуванні та харчовій промисловості, зокрема в кулінарії, хлібопеченні, кондитерському виробництві, консервуванні й виготовленні маргарину [7]. Окрім цього, олію застосовують у промисловості як сировину для лакофарбових матеріалів, стеарину, лінолеуму та водонепроникних виробів. Висока харчова цінність соняшникової олії зумовлена значним умістом поліненасиченої лінолевої кислоти, а також наявністю біологічно активних компонентів, серед яких фосфатиди, стерини та вітаміни A, D, E, K. Насіння, особливо високоолеїнових форм, додатково містить водорозчинні вітаміни групи B, а пігментний комплекс представлений каротиноїдами та ксантофілами [6, 8].

Формування продуктивності культури слід розглядати як цілісний процес, що охоплює всі етапи росту й розвитку рослин та завершується під час достигання врожаю. На різних фазах соняшник має неоднакові потреби до чинників навколишнього середовища, тому тривалість окремих періодів значною мірою визначається погодними умовами конкретного вегетаційного року. Водночас саме тривалість цих періодів і загального вегетаційного циклу впливає на ріст і розвиток культури та реалізацію її продуктивного потенціалу. Тому оптимізація технології вирощування має бути спрямована на добір таких прийомів, які зменшують негативний вплив несприятливих погодних чинників [9-10].

Управління продуктивністю посівів насамперед спрямоване на формування параметрів, які забезпечують максимальну ефективність фотосинтетично активної поверхні рослин, посилюють асиміляцію та сприяють накопиченню сухої речовини. Продуктивність посіву визначається не лише площею листкової поверхні, а й морфологічними особливостями листків, їх кількістю та ярусністю [11]. Реалізація цього завдання можлива як через селекційний добір, так і завдяки застосуванню ключових елементів технології

вирощування, зокрема оптимізації удобрення та використанню рістрегулювальних речовин [12].

Умови мінерального живлення протягом усього вегетаційного періоду істотно впливають на формування продуктивності соняшнику. Водночас необхідно враховувати критичні фази розвитку, коли потреба культури в окремих макро- та мікроелементах є найвищою. За збалансованого живлення й достатнього вологозабезпечення забезпечується найповніша реалізація генетичного потенціалу конкретного гібрида соняшнику [13].

Встановлено, що для формування 1 т продукції соняшник виносить із ґрунту 40–55 кг азоту, 15–25 кг фосфору, 100–150 кг калію, 5 кг сірки та 6,6 кг магнію. Найвищу врожайність культура забезпечує на родючих чорноземах за умови раціональної технології вирощування та розміщення в сівозміні після кращих попередників [14].

Соняшник характеризується тривалим періодом засвоєння елементів живлення, тому потребує їх у вищих кількостях (особливо калію), ніж зернові культури. Для формування 1 ц насіння культура засвоює орієнтовно 5–7 кг азоту, 2,5–2,8 кг фосфору та 12–16 кг калію. За врожайності 21 ц/га винесення становить близько 120 кг азоту, 45 кг фосфору і 235 кг калію з ґрунту [14].

За високого виносу калію з ґрунту [15], на чорноземних ґрунтах соняшник потребує азотних і фосфорних добрив. На 1 т продукції з урожаєм соняшнику втрати мікроелементів з ґрунту сягають: бору – 23 г, цинку – 42, марганцю – 12 і 7 г міді. Збільшення врожайності насіння соняшнику, інтенсивному росту та розвитку рослин сприяють мінеральні добрива та мікродобрива.

У дослідженнях словацьких учених Є. Ганачкової та ін. [16] показано, що баланс поживних речовин у сівозміні може слугувати індикатором сталого ведення сільського господарства та є важливим інструментом діагностики управління живленням на різних рівнях агроекосистеми [17]. Вирішальним чинником росту, розвитку й урожайності соняшнику автори визначають ґрунт і його забезпеченість макро- та мікроелементами, а також достатнє й збалансоване внесення мінеральних і органічних добрив [13, 17].

Азот поглинається соняшником відносно рівномірно протягом вегетації, проте у фазі від 3–4 пар листків до цвітіння рослини використовують 70–80% його загальної кількості. Азот посилює ростові процеси, сприяє формуванню більш розвинених рослин і крупніших кошиків. Однак надмірне азотне живлення подовжує вегетацію, знижує олійність насіння через підвищення вмісту білка та збільшує ризик вилягання посівів і ураження хворобами (фомопсис, біла гниль тощо). Дефіцит азоту особливо негативно впливає під час формування кошика, тоді як надлишок знижує вміст олії та спричиняє надмірний вегетативний ріст [18].

Фосфор соняшник засвоює переважно від появи сходів до цвітіння: до цього часу він накопичується у стеблі та листках, а згодом перерозподіляється в кошики й зрештою — у сім'янки. Основна частка потреби у фосфорі (60–70%) припадає на період від формування кошика до завершення цвітіння. Дефіцит фосфору негативно позначається на формуванні та наливі сім'янок, унаслідок чого знижується продуктивність соняшнику. Натомість достатнє фосфорне живлення підвищує посухостійкість рослин і олійність насіння, сприяє розвитку потужної кореневої системи та закладці репродуктивних органів із більшою кількістю зачаткових квіток у кошику. Особливо важливим є забезпечення фосфором на ранніх етапах органогенезу — від проростання насіння до фази 3–4 пар справжніх листків. За оптимального фосфорного живлення розвиток рослин прискорюється, вода використовується раціональніше, що підвищує стійкість до суховіїв і дефіциту ґрунтової вологи; при посиленому фосфорному живленні знижується коефіцієнт водоспоживання соняшнику [19].

Науковці зазначають, що в системі удобрення соняшнику провідну роль відіграє азот, який найактивніше залучається до процесів обміну речовин, інтенсифікує ріст рослин і, як правило, забезпечує суттєвіший приріст урожайності порівняно з фосфором і калієм [12, 13, 16].

За даними Г. В. Піньковського та Ю. В. Мащенка [20], поєднання азотних добрив із фосфорними та калійними (зокрема варіантів $N_{40}P_{40}K_{40}$ і $N_{40}P_{40}K_{40}$ + побічна продукція) поліпшує поживний режим ґрунту, створює сприятливіші

умови для росту й розвитку соняшнику та сприяє підтриманню родючості ґрунту.

У науковій літературі описано антагонізм між вмістом білка й жиру в насінні соняшнику. Встановлено, що збір олії з 1 га значною мірою визначається здатністю насіння перетворювати вуглеводи на жир, а не лише кількістю вуглеводів, сформованих листковою поверхнею. Зазначається, що пізнє підживлення азотними добривами активізує синтез нежирових сполук і, водночас, не спричиняє пригнічення накопичення жиру. У цьому контексті листкове підживлення комплексними багатофункціональними препаратами розглядають як важливий елемент сучасної концепції оптимізації мінерального живлення соняшнику [21].

Нестача азоту зумовлює зниження вмісту хлорофілу в листках: вони жовтіють, а рослини формують слабший габітус. Водночас надлишок азоту спричиняє надмірний розвиток вегетативної маси, підвищує ризик вилягання та погіршує якість насіння – зростає вміст білка і, відповідно, знижується олійність. Проте, занадто раннє внесення високих доз азотних добрив, оскільки воно стимулює надмірний вегетативний ріст і різко послаблює посухостійкість соняшнику [22].

Рівень споживання елементів живлення визначається комплексом чинників, зокрема строками та способами внесення добрив, вологозабезпеченістю й погодними умовами, а також генетичними особливостями сорту або гібрида [23].

За даними Ю. І. Ткаліча, за використання 1 кг азоту на формування основної (насіння) і нетоварної (надземної маси) продукції соняшнику з рослинними рештками у ґрунт повертається близько 0,75 кг азоту [24].

Дослідженнями Я. П. Цвея та М. В. Тищенка було встановлено, що внесення органічних і мінеральних добрив підвищує вміст мінерального азоту в ґрунті. Застосування 25 т/га гною збільшувало його концентрацію з 9,4 мг/кг (контроль) до 13,4 мг/кг. Поєднання 25 т/га гною з мінеральними добривами $N_{90}P_{120}K_{90}$ підвищувало показник до 15,1 мг/кг, тоді як варіант із вищою нормою

$N_{135}P_{180}K_{135}$ – до 14,4 мг/кг, що свідчить про недоцільність надмірних доз мінеральних добрив. За внесення 50 т/га гною + $N_{90}P_{120}K_{90}$ уміст мінерального азоту становив 15,6 мг/кг, підтверджуючи позитивну роль органічної складової. За цієї системи удобрення істотно зростали також запаси рухомого фосфору та обмінного калію: на контролі вміст рухомого фосфору становив 28,6 мг/кг, тоді як максимальні значення зафіксовано на варіанті 50 т/га гною + $N_{90}P_{120}K_{90}$ – 80 мг/кг ґрунту. Вміст обмінного калію на ділянці без добрив дорівнював 101,7 мг/кг, а за внесення 50 т/га гною + $N_{90}P_{120}K_{90}$ зростав до 177 мг/кг ґрунту [25].

Дослідження Полякова О. І. та ін. [26], проведені в Інституті олійних культур НААН України в умовах Степу на чорноземі звичайному малогумусному, показали, що фони мінерального живлення та застосування регуляторів росту істотно впливають на ріст, розвиток і формування врожайності гібридів та сорту соняшнику. Підвищення рівня мінерального живлення від контролю (без добрив) до максимальних доз супроводжувалося зростанням продуктивності посівів. Маса насіння з одного кошика під дією мінеральних добрив збільшувалася на 5,0–10,8 г у гібриду Серпанок, 3,8–9,4 г у гібриду Маршал, 2,7–10,3 г у гібриду Агент і 3,9–9,8 г у сорту Камелот. Максимальні значення маси 1000 насінин відмічено на фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, причому найбільший приріст цього показника спостерігався у сорту Камелот. Найвищу врожайність отримано за вирощування гібридів Серпанок (3,33–3,35 т/га), Маршал (3,15–3,18 т/га) та Агент (3,23–3,28 т/га) на фонах удобрення $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{90}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ відповідно [26].

Соняшник є високочутливим до дефіциту бору, особливо за недостатнього зволоження та на карбонатних ґрунтах. Достатнє борне живлення поліпшує фізіологічний стан рослин, підвищує якість продукції та врожайність. За нестачі бору спостерігають деформацію молодих листків, пригнічення росту, деформацію кошика, нерівномірне заповнення насіння, а інколи – його часткову або повну відсутність у суцвітті, що призводить до істотних втрат урожаю. Тому осіннє внесення комплексних добрив, до складу яких входить бор, розглядають

як важливий елемент технології отримання високих урожаїв насіння соняшнику з підвищеним вмістом олії [27].

Позакореневе живлення є важливим елементом технології підвищення врожайності соняшнику, однак його застосування нерідко супроводжується непорозуміннями, сумнівами та типовими помилками [28]. За даними О. Доценко та ін. [29], оперативне корегування мінерального живлення мікродобривами забезпечувало приріст урожайності насіння на 0,26 т/га на контролі та на 0,29 т/га на фоні N40P60K80. Своєчасне усунення дефіциту необхідних елементів також позитивно впливало на якісні показники: на удобреному агрофоні вихід олії збільшувався на 0,18 т/га порівняно з посівами без підживлення. Водночас вирішальний вплив на врожайність і якість соняшнику мають агрокліматичні чинники, насамперед вологозабезпеченість і прояви посухи.

Дефіцит вологи [30] у період закладання суцвіття на верхівці стебла зменшує кількість квіток у кошику, що безпосередньо обмежує майбутню врожайність. Обмежена вологозабезпеченість у проміжку від фази «зірочка» до цвітіння також негативно впливає на продуктивність соняшнику. Нестача вологи під час цвітіння та формування насіння зменшує розмір кошика [31], затримує утворення нових квіток і скорочує кількість повноцінних насінин. Посуха в цей час є однією з головних причин недостатнього наливу, що проявляється зниженням накопичення жирів і вуглеводів та відносним зростанням частки білка в насінні. Дослідження Тоцького В. М. та ін. [32] на чорноземі типовому малогумусному показали, що внесення підвищених доз добрив суттєво збільшувало площу листкової поверхні в усіх досліджуваних гібридів і забезпечувало її максимальні значення. Найвищі показники зафіксовано у варіантах N40P60K40 та N60P90: у гібриду Надійний — 29,8 і 30,8 тис. м²/га, у гібриду Запорізький 28 — 31,9 і 31,7 тис. м²/га, у гібриду Сава — 31,1 і 32,6 тис. м²/га. Приріст відносно контролю становив відповідно: 8,1 і 9,1; 8,2 і 8,0; 6,5 і 8,0 тис. м²/га. Під впливом мінеральних добрив змінювався і розмір кошика, що сприяло підвищенню врожайності. Максимальну врожайність отримано у

гібриду Запорізький 28 за доз N40P60 та N40P60K40 — 3,26 т/га, що на 8% перевищувало контроль. Автори також відмічають вплив мінерального удобрення не лише на продуктивні показники, а й на якість насіння, зокрема масу 1000 насінин та олійність [32].

Олійність є мінливим показником і формується під дією сукупності чинників: генетичних особливостей сорту/гібрида, погодних умов (вологість, температура), властивостей ґрунту та рівня сонячної радіації, які визначають інтенсивність фотосинтезу й здатність рослин до акумуляції олії. Важливу роль відіграє і система живлення, зокрема ефективність використання азотних, фосфорних та калійних добрив.

За даними Коркодола М. М. та ін. [33], найбільше на вміст олії вплинули сортові особливості (47,0% внеску у загальну мінливість ознаки). Істотною була також дія умов року досліджень (15,3%) і густоти стояння рослин (7,9%). Меншим, але статистично значущим, був вплив обробітку ґрунту (1,0%) і внесення добрив (1,9%). Вміст білка, навпаки, суттєво залежав від усіх досліджуваних чинників, при цьому провідним залишався сортовий фактор (45,0%) [33].

За даними О. В. Нікітенко та ін. [34], на чорноземі звичайному середньопотужному малогумусному (вміст гумусу в орному шарі 0–30 см — 3,5%) вирощування соняшнику за класичного обробітку ґрунту на фоні N40P60 збільшувало діаметр кошика порівняно з контролем (без добрив) на 0,4–0,5 см, тоді як на фоні сидератів — на 0,2 см. У цих же дослідженнях найбільша маса 1000 насінин відмічена у варіанті N40P60 і становила 40,6–49,4 г; на контролі — 39,1–47,9 г; на фоні сидерального удобрення — 40,0–48,4 г. Водночас застосування як мінеральних, так і сидеральних добрив супроводжувалося незначним зниженням умісту жиру в насінні: на 0,1–0,5% за класичної системи та на 0,1–0,9% за мінімальної [34].

У контексті адаптації технологій до нестійкого зволоження та посушливих періодів важливими є узагальнення щодо агротехнологічних основ підвищення продуктивності соняшнику за дефіциту вологи, де система удобрення

розглядається як один із ключових інструментів стабілізації продуктивності [35]. Додатковий інтерес становлять результати щодо позакореневих підживлень і застосування біопрепаратів, які розглядаються як елемент підтримки продуктивності. Таким чином аналіз наведених джерел у дипломній роботі свідчить, що продуктивність і якість насіння соняшнику істотно залежать від рівня та збалансованості мінерального живлення, а ефективність добрив змінюється залежно від водного режиму, агрофону, способів обробітку ґрунту й гібридних особливостей. Це обґрунтовує потребу уточнення норм і комбінацій мінеральних добрив для конкретних умов господарства з урахуванням сучасних погодних ризиків.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Ботанічна і біологічна характеристика соняшнику

Соняшник однорічний (Helianthus annuus L.) належить до родини Айстрових (Asteraceae). За морфологічними ознаками це однорічна рослина з потужною кореневою системою стрижневого типу. Головний корінь здатний проникати у ґрунт на глибину 2–3 м і більше, що дає змогу культурі використовувати вологу з глибоких горизонтів та ефективно протистояти ґрунтовій посусі. Водночас основна маса розгалужених бічних корінців зосереджена у орному шарі ґрунту (0–30 см), де відбувається найінтенсивніше поглинання елементів живлення [36].

Стебло соняшнику прямостояче, округле або ребристе, вкрите жорсткими волосками, виповнене пухкою паренхімою (серцевиною). Висота рослин варіює залежно від генотипу гібрида та умов вирощування від 60 до 250 см. Листки черешкові, великі, серцеподібної форми, вкриті опушенням, розміщені на стеблі спірально. Листковий апарат характеризується високою фотосинтетичною активністю та явищем фототропізму (геліотропізму) – здатністю повертатися за рухом сонця до моменту цвітіння [37].

Суцвіття – багатоквітковий кошик, оточений обгорткою з кількох рядів листочків. Квітки у кошику диференційовані: крайні – язичкові, безплідні, слугують для приваблювання комах-запилювачів; серединні – трубчасті, двостатеві, плодючі. Соняшник є перехреснозапильною ентомофільною культурою. Плід – сім'янка, що складається з оплодня (лушпиння) та ядра, в якому зосереджені запаси жиру (до 50–56 %) та білка [38].

За біологічними особливостями соняшник належить до рослин степового екотипу, вимогливих до тепла та світла. Насіння починає проростати за температури ґрунту +4 +6 °С, проте дружні сходи з'являються за прогрівання до +10 +12 °С. Сходи здатні витримувати короткочасні приморозки до -3 -5 °С, однак у фазі цвітіння зниження температури до -1 °С призводить до стерильності пилку. Оптимальна температура для росту і розвитку становить +20 +25 °С [39].

Культура характеризується високою посухостійкістю, проте має високий транспіраційний коефіцієнт (450–570 од.), споживаючи значну кількість води на формування одиниці сухої речовини. Критичним періодом щодо вологозабезпечення є фази утворення кошика – цвітіння. Дефіцит вологи на цьому етапі (так звана «критична перемичка») призводить до пустозернистості та різкого зниження врожайності [36].

Соняшник є рослиною короткого дня, вимогливою до інтенсивності освітлення. Затінення, загущення посівів або забур'яненість спричиняють витягування стебла, зменшення діаметра кошика та зниження олійності. До ґрунтових умов культура вибаглива, найкращими для неї є чорноземи різного механічного складу з нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтового розчину (pH 6,0–7,0). Непридатними є важкі глинисті, схильні до заболочування та піщані ґрунти [40].

2.2. Характеристика гібриду соняшнику СИ АРІЗОНА

Гібрид СИ АРІЗОНА (SYNGENTA Arizona) — високопродуктивний середньостиглий гібрид соняшнику лінолевого типу, створений селекціонерами компанії «Syngenta». До Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, гібрид внесено як такий, що рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу. Належить до класичної технології вирощування (не стійкий до імідазолінонів чи сульфонілсечовин) [41].

СИ АРІЗОНА характеризується помірно-інтенсивним типом адаптивності, що дозволяє йому забезпечувати стабільну врожайність навіть на ґрунтах із низьким агрофоном. Вегетаційний період становить 110–120 діб. Рослини високорослі, середня висота варіює в межах 170–190 см залежно від умов вологозабезпечення. Гібрид вирізняється високою енергією початкового росту, що сприяє швидкому змиканню рядків та пригніченню бур'янів на ранніх етапах органогенезу [42].

Ключовою особливістю гібриду, яка робить його актуальним для умов Уманського району на тлі кліматичних змін, є висока стійкість до посухи та

жаростійкість (рівень 8–9 балів за 9-бальною шкалою). Коренева система потужна, здатна ефективно використовувати вологу з глибоких горизонтів ґрунту [43].

Гібрид має генетичну стійкість до вовчка соняшникового (Orobanche cumana) рас A–F, що дозволяє контролювати паразита без застосування специфічних гербіцидів. Характеризується високою толерантністю до фомопсису (Phomopsis), білої гнилі (Sclerotinia) та несправжньої борошнистої роси (Plasmopara halstedii) [41].

Оригінатор рекомендує дотримуватися сівозміни та оптимальних строків сівби. Гібрид пластичний до термінів посіву, придатний як для ранніх, так і для пізніх строків. Рекомендована густота стояння рослин на момент збирання врожаю для умов нестійкого зволоження (до яких відноситься Центральний Лісостеп) становить 45–55 тис. рослин/га [44].

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Ґрунтові умови

Дослідження проводилися на виробничій ділянці ТОВ «Чорна Кам'янка» Уманського району Черкаської області. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений темно-сірими опідзоленими ґрунтами, які за гранулометричним складом належать до важкосуглинкових. Ці ґрунти сформувалися на лесах і лесоподібних суглинках в умовах лісостепової зони та характеризуються чіткою диференціацією профілю [45].

Морфологічна будова ґрунту типова для Правобережного Лісостепу. Гумусовий горизонт має потужність 30–35 см, а загальна глибина гумусованого профілю (горизонти *Н* + *Нр*) досягає 55–65 см. Орний шар (0–30 см) характеризується грудкувато-пилуватою структурою, яка у вологому стані здатна до ущільнення.

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту дослідної ділянки свідчить про середній рівень родючості. Вміст гумусу становить 3,1 %, що є типовим показником для опідзолених ґрунтів цього регіону, які зазнали тривалого сільськогосподарського використання. Реакція ґрунтового середовища – слабокисла (pH сольової витяжки становить 5,8) [46].

Забезпеченість ґрунту рухомими формами основних елементів живлення перед закладанням досліду характеризувалася такими показниками:

1. вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 145 мг/кг ґрунту, що відповідає низькому рівню забезпеченості;
2. вміст рухомого фосфору (за Чиріковим) – 98 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості;
3. вміст обмінного калію (за Чиріковим) – 79 мг/кг ґрунту що відповідає середньому рівню забезпеченості.

Гідролітична кислотність становить 2,8–3,2 мг-екв. на 100 г ґрунту, а сума ввібраних основ – 24–26 мг-екв. на 100 г ґрунту. Ступінь насиченості основами сягає 90 %.

Незважаючи на деякі лімітуючі фактори (слабокисла реакція, схильність до запливання після злив), темно-сірі опідзолені ґрунти характеризуються сприятливими водно-фізичними властивостями та високою вологоємністю. За умови застосування науково обґрунтованої системи удобрення, дотримання сівозміни та сприятливих погодних умов, даний тип ґрунту здатний забезпечити високу продуктивність районованих у регіоні гібридів соняшнику та отримання врожаїв на рівні 3,5–4,0 т/ [47].

3.2. Погодні умови

У 2024–2025 сільськогосподарському році погодні умови відрізнялися підвищеним температурним режимом та нерівномірним випаданням опадів порівняно із середньо-багаторічними показниками (рис. 1). Середня температура повітря за період з вересня по серпень становила 10,3 °С, що на 1,5 °С вище середньо-багаторічного рівня 8,8 °С. Найбільше відхилення в бік потепління спостерігалося восени та на початку весни, коли вересень був теплішим на 5,2 °С, жовтень на 2,5 °С, березень на 4,2 °С. Зимовий період загалом був м’якшим за норму, хоча лютий характеризувався нижчою температурою, ніж середньо-багаторічна, на 1,6 °С.

Для вегетаційного періоду соняшнику, який у зоні Правобережного Лісостепу припадає переважно на квітень–серпень, середня температура становила 17,0 °С і загалом відповідала багаторічному рівню 17,0 °С. Водночас температурний режим був контрастним за місяцями. Квітень був теплішим за норму на 0,6 °С, травень прохолоднішим на 2,3 °С, а липень суттєво теплішим на 1,5 °С, що підсилювало ризики теплового стресу в період інтенсивного росту та цвітіння за недостатнього вологозабезпечення.

Сума опадів за 2024–2025 рік (рис. 1) становила 525,5 мм, що на 60,5 мм менше середньо-багаторічної норми 586 мм. При цьому розподіл опадів упродовж року був нерівномірним. Восени відмічено надлишок вологи за рахунок жовтня, коли випало 99,4 мм проти 43 мм у нормі, а також грудня, коли кількість опадів становила 61,0 мм за норми 40 мм.

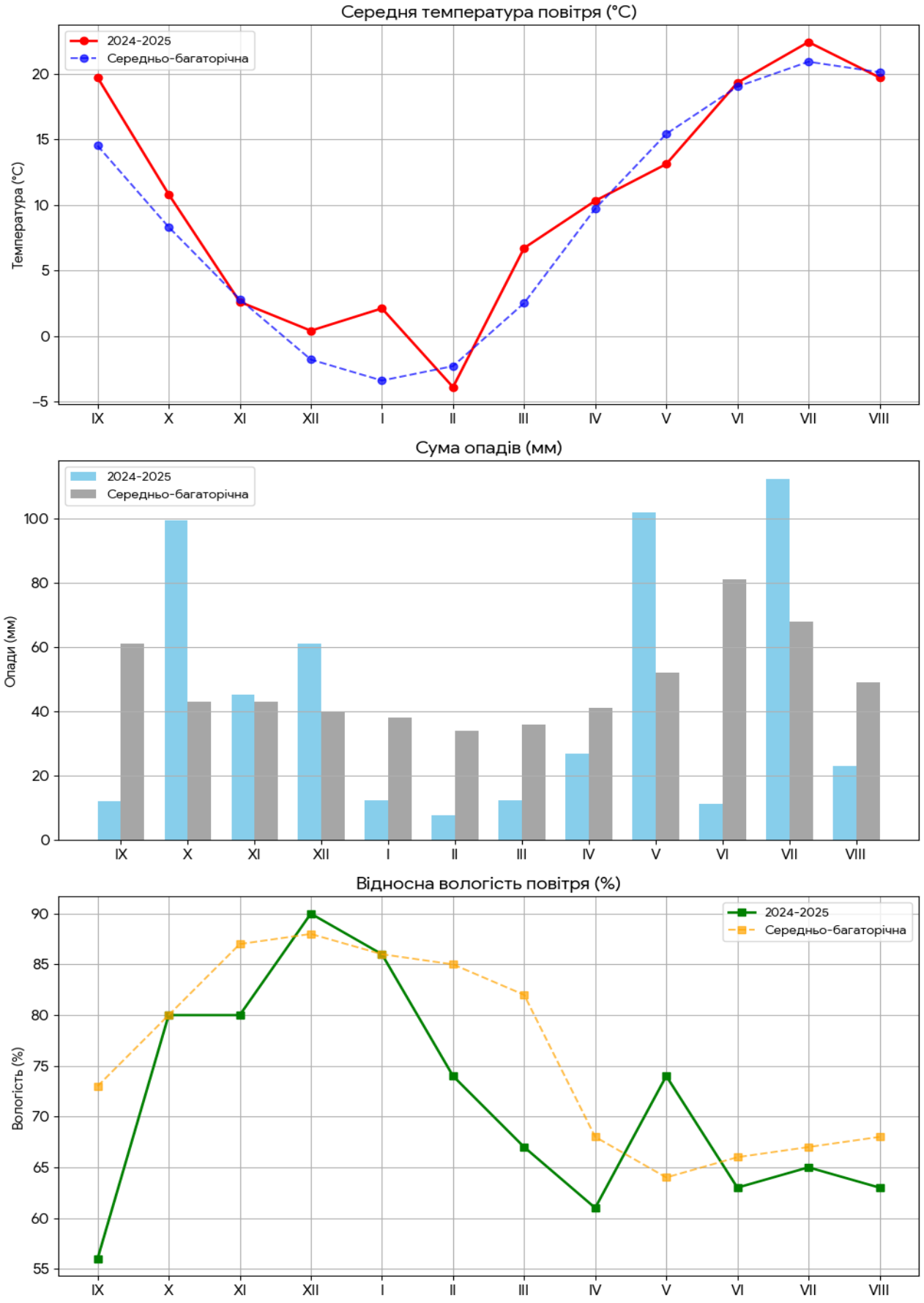


Рис. 1. Агрометеорологічні умови вегетаційного періоду соняшнику в зоні проведення досліджень (2024–2025 рр.).

Натомість узимку й на початку весни спостерігався дефіцит опадів, особливо в січні та лютому, коли випало відповідно 12,4 і 7,8 мм за норми 38 і 34 мм.

У період квітень–серпень сумарна кількість опадів становила 275,2 мм, що близько до середньо-багаторічних 291 мм, однак саме внутрішньосезонний розподіл був несприятливим. Травень і липень характеризувалися надмірним зволоженням, відповідно 101,8 і 112,3 мм за норми 52 і 68 мм, тоді як червень і серпень були різко посушливими. У червні випало лише 11,2 мм опадів за середньо-багаторічних 81 мм, а в серпні 23,0 мм за норми 49 мм. Таке чергування перезволоження та посухи створювало нестійкі умови водозабезпечення і могло обмежувати формування генеративних органів та налив насіння, оскільки волога є провідним лімітуючим фактором продуктивності польових культур у роки з високими температурами та підвищеною випаровуваністю.

Відносна вологість повітря за 2024–2025 рік (рис. 1) у середньому становила 71,6 %, що на 4,6 відсоткового пункта нижче середньо-багаторічного значення 76,2 %. Найбільш виражене зниження відносної вологості спостерігалося у вересні та навесні, що узгоджується з дефіцитом опадів у ці періоди. У вегетаційні місяці квітень–серпень середня відносна вологість становила 65,2 % проти 66,6 % у нормі, а найсухіші умови формувалися в червні та серпні, коли поєднання низьких опадів і зниженої вологості посилювало атмосферну посуху.

В цілому сільськогосподарський рік характеризувався підвищеною середньорічною температурою, дефіцитом опадів за рік та різко нерівномірним їх розподілом упродовж вегетації. Для соняшнику погодні умови можна оцінити як умовно сприятливі за сумою опадів у вегетаційний період, але загалом напружені через посушливий червень і недостатнє зволоження в серпні на тлі підвищених температур у липні, що могло виступати фактором обмеження продуктивності та підвищувати варіабельність результатів у досліді.

3.3. Схема досліду

Для досягнення мети досліджень було закладено однофакторний польовий дослід з вивчення впливу різних норм мінеральних добрив на продуктивність соняшнику гібрида СИ Арізона у виробничих посівах ТОВ «Чорна Кам’янка» в умовах 2025 року.

Схема досліду включала 4 варіанти:

1. Контроль (без добрив)
2. $N_{15}P_{15}K_{15}$
3. $N_{30}P_{30}K_{30}$
4. $N_{60}P_{60}K_{60}$

Градація доз добрив побудована за принципом геометричної прогресії (подвоєння норми фізичної ваги), що дозволяє чітко відстежити криву реакції культури на інтенсифікацію живлення.

Варіант без добрив був взятий за контроль. В якості мінерального добрива була нітроамофоска, яка вносилася під передпосівну культивацію. Схематичне розміщення варіантів у досліді наведено на рис. 2.

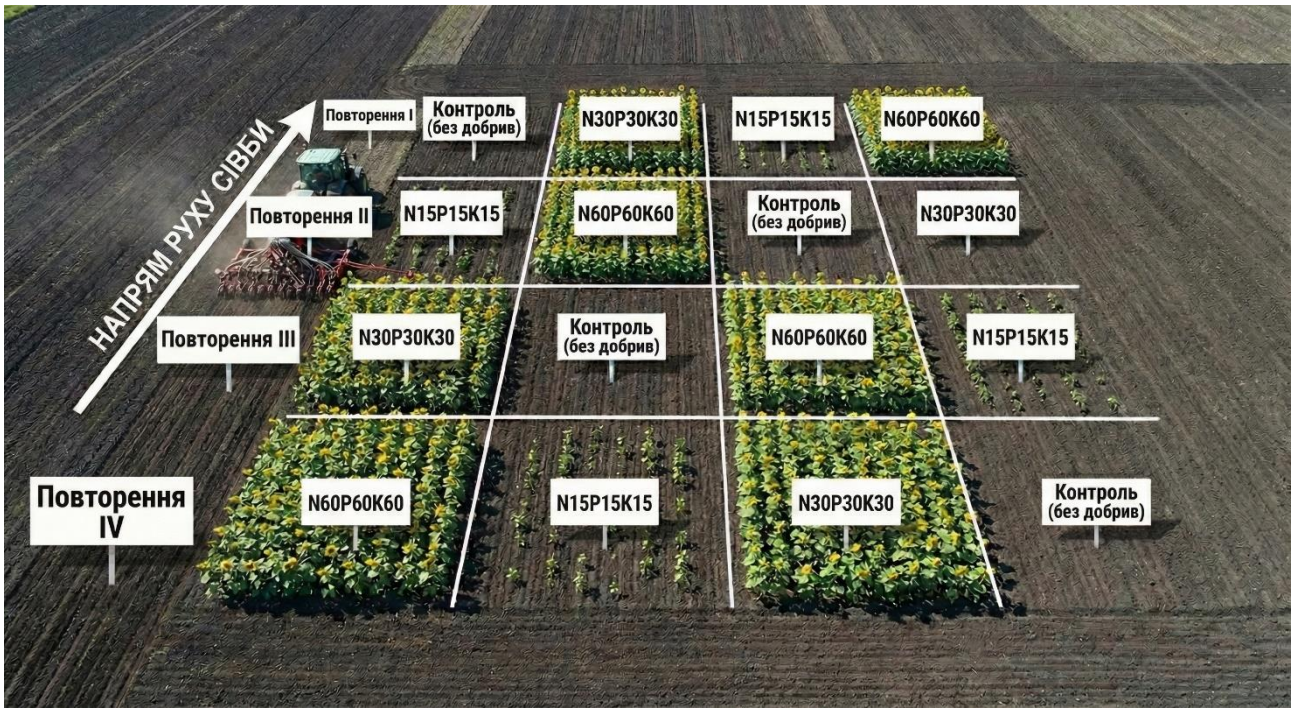


Рис. 2. Варіанти розміщення досліду

3.4. Агротехніка вирощування соняшнику у досліді

Агротехніка вирощування соняшнику на дослідних ділянках базувалася на зональних рекомендаціях для умов Правобережного Лісостепу України та була спрямована на максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібрида в умовах недостатнього зволоження. Соняшник розміщували після пшениці озимої, що є одним із найкращих попередників у сівозміні господарства, оскільки вона рано звільняє поле і дозволяє якісно підготувати ґрунт.

Одразу після збирання попередника виконували лущення стерні агрегатом Т-150К + БДТ-7 на глибину 8–10 см для збереження вологи та провокації сходів бур'янів. Основний обробіток ґрунту включав зяблеву оранку на 25–27 см (John Deere 8335R + Lemken EuroDiamant), що забезпечувало розпушення орного шару та заробку післяжнивних решток.

Ранньовесняне вирівнювання ґрунту проводили при настанні його фізичної стиглості агрегатом МТЗ-82 + БЗТС-1,0. Мінеральні добрива вносили відповідно до схеми досліду у вигляді нітроамофоски $N_{16}P_{16}K_{16}$ під передпосівну культивацію, а норми добрив у фізичній вазі склали для варіантів: $N_{15}P_{15}K_{15} \approx 94$ кг/га, $N_{30}P_{30}K_{30} \approx 188$ кг/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 375 кг/га. Внесення виконували розкидачем МВД-900 у агрегаті з МТЗ-82, після чого одразу проводили передпосівну культивацію КПС-4 на глибину 5–6 см для загортання добрив і формування посівного ложа.

Сівбу проводили 3 травня 2025 р. сівалкою точного висіву УПС-8 у агрегаті з МТЗ-892. Гібрид — СИ Арізона (Syngenta). Норма висіву — 50 тис. насінин/га.

Оскільки гібрид класичного типу, контроль бур'янів забезпечували ґрунтовими гербіцидами та міжрядними обробітками. Одразу після сівби (до появи сходів) вносили бакову суміш пропізохлор 1,5 л/га + прометрин 1,5 л/га агрегатом МТЗ-82 + ОП-2000. У фазу 4–6 справжніх листків проводили міжрядну культивацію (підгортання) агрегатом МТЗ-82 + КРН-5,6. У фазу бутонізації ("зірочка") виконували фунгіцидне обприскування (Аканто Плюс або Амістар Екстра) у баковій суміші з мікродобривом бор 1,0 л/га (обприскувач ОП-2000).

Збирання проводили 27 вересня методом прямого комбайнування зернозбиральним комбайном Claas Lexion за вологості насіння 9–11,5 %.

3.5 Методика проведення досліджень

Методика проведення досліджень була загальноприйнятою для польових та агрохімічних досліджень і відповідала чинним нормативним документам і рекомендаціям [48–50]. Для характеристики вихідного агрохімічного стану ґрунту перед закладанням досліду відбирали ґрунтові зразки перед сівбою соняшнику відповідно до ДСТУ ISO 10381-4:2005 з орного шару 0–30 см із формуванням середньої проби по кожній ділянці. У відібраних зразках визначали вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом, а також рухомі форми фосфору і калію за Чиріковим із подальшим визначенням фосфору на фотоколориметрі ФЕК-2 і калію на полуменевому фотометрі ПАЖ-2 [49, 50].

Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження за розвитком рослин соняшнику з фіксацією основних фаз росту та розвитку за загальноприйнятими методиками [48–50]. Густоту стояння рослин визначали обліком кількості рослин на облікових відрізках рядків із перерахунком на 1 га після отримання повних сходів та перед збиранням урожаю. Перед збиранням оцінювали елементи структури врожаю відповідно до переліку показників, поданих у результативній частині роботи, використовуючи типові методики польових досліджень [48–50]. Урожайність насіння визначали шляхом збирання й зважування врожаю з облікової площі кожної ділянки з наступним перерахунком на 1 га та приведенням показників до стандартних умов за загальноприйнятими підходами. Статистичну обробку експериментальних даних виконували методами дисперсійного аналізу з оцінкою істотності впливу варіантів удобрення та розрахунком $НІР_{05}$ згідно з прийнятими в агрономічних дослідженнях методиками [48–50].

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив різних доз мінеральних добрив на поживний режим ґрунту

Раціональне удобрення є одним із ключових чинників стабільної продуктивності соняшнику, адже ця культура характеризується високою інтенсивністю поглинання елементів живлення та чутливо реагує на їх доступність уже на початку вегетації. Достатнє забезпечення ґрунту доступними формами азоту, фосфору й калію визначає темпи росту рослин, формування листкової поверхні, розвиток кореневої системи та закладання генеративних органів, що в підсумку впливає на рівень урожайності та якість насіння [1, 14, 51]. Водночас соняшник здатний ефективно засвоювати поживні речовини навіть із важкорозчинних сполук, однак інтенсивність їх поглинання лімітується наявністю доступних форм у критичні фази органогенезу, особливо за нестабільного зволоження, коли надходження елементів живлення з ґрунтового розчину може істотно знижуватися [51].

Азот є головним елементом у системі мінерального живлення соняшнику, оскільки забезпечує інтенсивність ростових процесів, формування листкової поверхні та розвиток кореневої системи, а також бере участь у синтезі білків, ферментів і хлорофілу, від яких залежить продуктивність фотосинтезу і закладання генеративних органів.

Недостатнє азотне забезпечення зумовлює уповільнення росту, призводить до пожовтіння рослин і зниження продуктивності посіву, що негативно позначається на врожайності та якості насіння. Разом із тим надмірні дози азоту здатні порушувати баланс живлення, стимулювати надмірний розвиток вегетативної маси, підвищувати ризик ураження хворобами та знижувати олійність, тому ефективне азотне живлення має базуватися на оптимальних, науково обґрунтованих нормах.

Нашими дослідженнями було встановлено (рис. 3), що зі зростанням рівня мінерального удобрення послідовно підвищувався вміст легкогідролізованого азоту в орному шарі ґрунту.

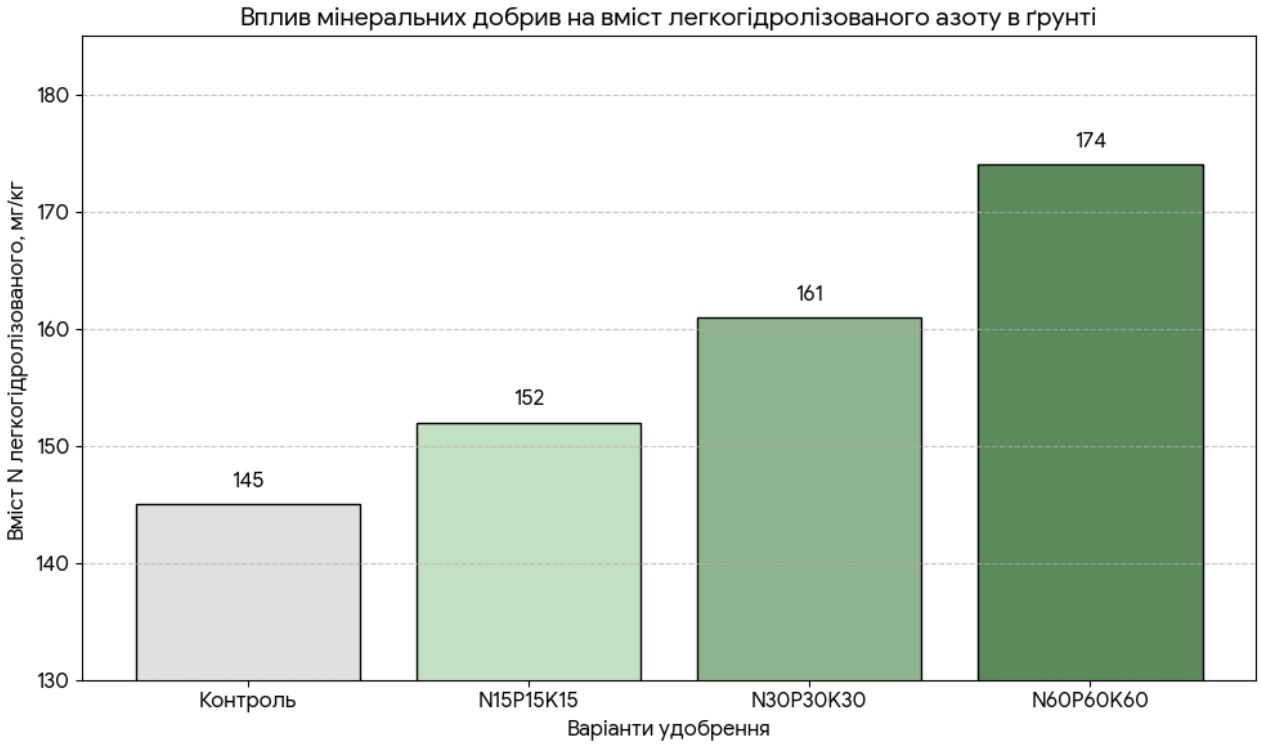


Рис. 3. Вплив мінеральних добрив на вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті (за Корнфілдом) мг/кг

Так у варіанті без внесення добрив вміст легкогідролізованого азоту становив 145 мг/кг ґрунту, що відповідає низькому рівню забезпеченості і свідчить про обмежений природний азотний фонд для формування високої продуктивності сучасних гібридів. Застосування мінеральних добрив у нормі N_{15} зумовило підвищення цього показника до 152 мг/кг. Подальше збільшення норми до N_{30} супроводжувалося зростанням вмісту доступного азоту до 161 мг/кг, що відображало перехід від низького до стабільного середнього рівня забезпеченості. Максимальні значення легкогідролізованого азоту отримано у варіанті N_{60}, де показник склав 174 мг/кг.

Фосфор є важливим елементом живлення соняшнику, оскільки забезпечує енергетичний обмін і регулює процеси росту та розвитку, а також сприяє формуванню потужної кореневої системи і закладанню репродуктивних органів. За достатнього фосфорного живлення прискорюється ранній розвиток рослин, підвищується ефективність використання ґрунтової вологи та посилюється стійкість до посушливих умов, що має особливе значення для Правобережного Лісостепу. Водночас надмірне фосфорне забезпечення є небажаним, оскільки

може порушувати фізіологічну рівновагу водоспоживання і знижувати адаптивність рослин у стресових умовах [14, 18, 52].

Калій для соняшнику є одним із визначальних елементів мінерального живлення, адже бере участь у синтезі та транспортуванні вуглеводів, регулює водний режим і підвищує стійкість рослин до хвороб. Поглинання калію триває протягом усієї вегетації, однак найбільша потреба припадає на період до початку цвітіння, коли інтенсивно формується продуктивний апарат і закладаються передумови майбутньої врожайності. Для формування 1 т насіння соняшник споживає близько 116 кг K_2O, що підтверджує його високу калієфільність. Дефіцит калію зумовлює зниження врожайності та олійності, а також може погіршувати жирнокислотний склад, змінюючи співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот у насінні [14, 18, 52].

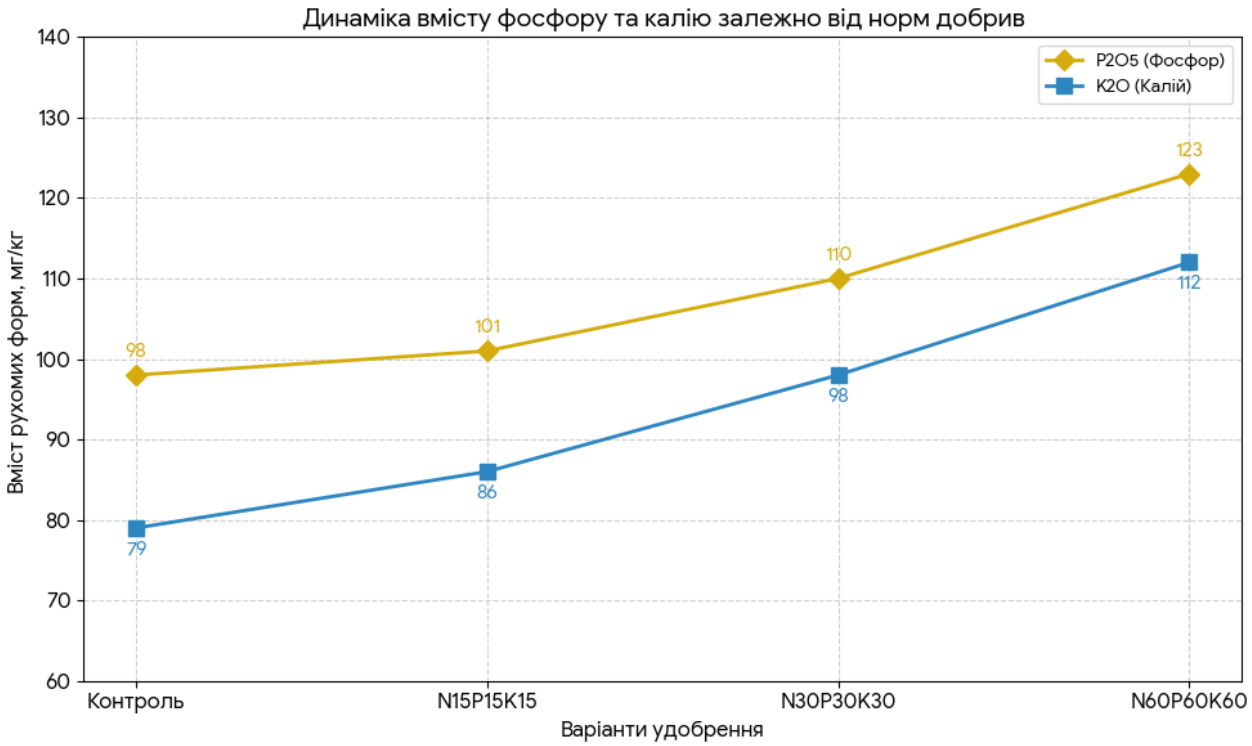


Рис. 4. Динаміка вмісту фосфору та калію залежно від норм добрив

Зі зростанням рівня мінерального удобрення підвищувався рівень забезпеченості фосфором і калію (рис. 4). Так у контрольному варіанті вміст рухомого фосфору за Чиріковим становив 98 мг/кг, а обмінного калію 79 мг/кг ґрунту. Внесення добрив у нормі $P_{15}K_{15}$ зумовило помірне підвищення

показників до 101 мг/кг за фосфором і 86 мг/кг за калієм, при цьому забезпеченість у цілому зберігалася на середньому рівні. Подальше збільшення до норми $P_{30}K_{30}$ супроводжувалося зростанням рухомого фосфору до 110 мг/кг і обмінного калію до 98 мг/кг, що характеризувалося переходом ґрунту в підвищений рівень забезпеченості обома елементами. Найвищі значення було відмічено у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$, де вміст фосфору досяг 123 мг/кг, а калію 112 мг/кг ґрунту, що формувало найбільш сприятливий поживний фон. Внесення комплексних добрив безпосередньо поповнювало запас доступних форм азоту, фосфору і калію, а також підвищувало концентрацію цих елементів у ґрунтовому розчині, завдяки чому рослини отримали кращі умови живлення на початкових етапах росту і розвитку.

4.2. Врожайність та якість соняшнику залежно від варіантів удобрення

Інтенсивність росту та рівень продуктивності соняшнику зумовлюються поєднанням генетичного потенціалу гібриду, умов вологозабезпечення та ефективністю мінерального живлення у критичні фази органогенезу. Для цієї культури особливо важливо, щоб елементи живлення були доступними на ранніх етапах (формування листкового апарату й кореневої системи), а також у період бутонізації–цвітіння, коли визначаються розміри кошика, кількість квіток і потенційна кількість насінин. Водночас засвоєння азоту, фосфору, калію та бору тісно пов’язане з температурним режимом і запасами продуктивної вологи. За дефіциту опадів обмежуються мінералізація й мобілізація поживних речовин, погіршується робота продихів, і як наслідок погіршується продуктивність фотосинтезу та налив насіння [14].

Погодні умови року створили типову для Правобережного Лісостепу ситуацію, коли ефект мінерального живлення проявляється максимально за наявності “вологого вікна” (липень), але знижується за повторного дефіциту вологи (червень і серпень). Саме цим пояснюється і характер відгуку врожайності на підвищення норм NPK, де значна прибавка від стартового

удобрення та помірно-інтенсивного фону і суттєво менша при переході до максимальних доз.

Висота рослин у фазу цвітіння є показником, який інтегрує умови мінерального живлення та вологозабезпечення першої половини вегетації. У соняшнику лінійний ріст безпосередньо пов’язаний із потужністю листкового апарату, розвитком провідної системи й потенціалом транспорту асимілятів у генеративні органи. Водночас в умовах дефіциту вологи рослина “економить” ресурси при цьому скорочується приріст міжвузлів, посилюється ксероморфність листків, знижується інтенсивність поглинання азоту і, як наслідок, сповільнюється наростання вегетативної маси.

Нашими дослідженнями було встановлено (табл.), щона контрольному варіанті (без внесення добрив) висота рослин становила 152 см, що є закономірним за різко посушливого червня. Внесення стартової дози добрив у виробничому варіанті (90 кг/га нітроамофоски локально в рядки) забезпечило приріст висоти до 168 см (+16 см). Подальше підвищення норми до N30 і N60 сприяло росту висоти до 179–186 см, однак прирости мали тенденцію до зменшення, що характерно для ситуації, коли фактор вологи стає більш лімітуючим, ніж рівень мінерального живлення.

Таблиця 1

Висота рослин соняшнику у фазу цвітіння
залежно від норми добрив, см (2025 р.)

Варіант удобрення	Висота рослин, см	Відхилення від контролю, ±см
Без добрив (контроль)	152	–
$N_{15}P_{15}K_{15}$	168	+16
$N_{30}P_{30}K_{30}$	179	+27
$N_{60}P_{60}K_{60}$	186	+34

Підвищення висоти рослин на удобрених варіантах свідчить про інтенсивніше формування вегетативної маси, однак саме по собі не гарантує пропорційного приросту врожайності. В умовах дефіциту вологи надмірне

посилення вегетативного росту може підвищувати транспіраційні витрати і посилювати конкуренцію за воду під час наливу. Тому більш інформативними показниками є одночасний аналіз висоти, площі листкової поверхні, накопичення сухої речовини та врожайності.

Площа листкової поверхні у фазу цвітіння є одним із ключових показників фотосинтетичного потенціалу посіву. Для соняшнику оптимальна площа листя повинна забезпечувати інтенсивне нагромадження асимілятів у період від бутонізації до кінця наливу. За нашої норми висіву (50 тис. насінин/га) навіть порівняно невеликі зміни площі листя на гектарі означають суттєву різницю в листковій площі однієї рослини, а отже у сумарній продуктивності фотосинтезу.

Згідно з табл. 2, на контролі площа листя становила 23,8 тис. м²/га, що відповідає LAI ≈ 2,38 і відображає лімітований вплив червневої посухи. У варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ площа листя зросла до 28,1 тис. м²/га (LAI ≈ 2,81). За густоти 50 тис. рослин/га це становить у середньому близько 0,48 м² листя на рослину на контролі та 0,56 м²/рослину на $N_{15}P_{15}K_{15}$. Варіанти $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ формували ще потужніший листковий апарат – 32,4–34,7 тис. м²/га (LAI ≈ 3,24–3,47), що є типовим для більш інтенсивних фонів живлення за достатнього вологого періоду в липні.

Таблиця 2

Показники розвитку надземної маси соняшнику у фазу цвітіння (2025 р.)

Варіант удобрення	Площа листя, тис. м²/га	Маса сухої речовини, ц/га	Індекс листкової поверхні (LAI)
Без добрив (контроль)	23,8	37,2	2,38
$N_{15}P_{15}K_{15}$	28,1	45,9	2,81
$N_{30}P_{30}K_{30}$	32,4	53,6	3,24
$N_{60}P_{60}K_{60}$	34,7	61,8	3,47

Маса сухої речовини у фазу цвітіння зростала від 37,2 ц/га на контролі до 45,9 ц/га на $N_{15}P_{15}K_{15}$ (приріст ~23 %), а на $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ – до 53,6–61,8 ц/га. Якщо перевести ці показники до рівня однієї рослини (за 50 тис. рослин/га), отримаємо орієнтовно 74 г сухої речовини/рослину на контролі та 92 г/рослину на $N_{15}P_{15}K_{15}$, що свідчить про реальне посилення продукційного процесу на удобрених фонах.

З агрохімічного погляду виявлені тенденції закономірні, так як азот стимулює синтез хлорофілу і білків фотосинтетичного апарату, підсилює наростання листкової поверхні, але його ефект істотно залежить від доступності води. Фосфор підвищує інтенсивність енергетичного обміну і сприяє розвитку кореневої системи, що особливо важливо в умовах червневої посухи. Калій, регулюючи водний режим і роботу продихів, підвищує стійкість рослин до короткочасних посух і сприяє кращому використанню вологи у період опадів для продуктивного фотосинтезу. Сукупна дія NPK у таких умовах проявляється не стільки в безперервному “нарощуванні” росту, скільки у здатності рослин швидко відновлювати продукційні процеси після стресу, що і було характерним для липневого періоду з достатньою кількістю опадів.

Урожайність насіння є результатом взаємодії двох складових: сформованого фотосинтетичного потенціалу (листкова поверхня, тривалість її функціонування, інтенсивність фотосинтезу) та здатності генеративних органів приймати і акумулювати асиміляти (структура кошика, кількість продуктивних квіток, рівень запліднення, темп і тривалість наливу). У 2025 році ключовим чинником стала нестійкість зволоження: червнева посуха лімітувала потенціал, тоді як липневі опади забезпечили часткову компенсацію в період цвітіння й початку наливу; серпневий дефіцит опадів знижував ефективність максимальних фонів живлення.

Збирання врожаю розпочали 27 вересня. За польовими спостереженнями, вологість насіння до опадів становила близько 9,0 %, а після дощів до 11,5 %, що пояснює затримки в збиранні та нерівномірність темпу збиральних робіт.

Нашими дослідженнями було встановлено (табл. 3), що на контролі врожайність становила 2,42 т/га. Варіант $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечив 3,00 т/га, тобто приріст 0,58 т/га (24,0 %). Це пояснюється тим, що стартове внесення добрив у поєднанні з достатньою вологістю травня створює сильний "ефект старту", тому рослини формували потужну кореневу систему та більший листковий апарат ще до настання червневої посухи.

Таблиця 3

Врожайність насіння соняшнику залежно від системи удобрення, т/га (2025 р.)

Варіант удобрення	Врожайність, т/га	Приріст до контролю, т/га	Приріст до контролю, %
Без добрив (контроль)	2,42	–	–
$N_{15}P_{15}K_{15}$	3,00	+0,58	24,0
$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,28	+0,86	35,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,41	+0,99	40,9
$НІР_{05}$	0,16		

Підвищення норми до $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило врожайність 3,28 т/га, а максимальна норма $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 3,41 т/га. Однак різниця між варіантами $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ становила лише 0,13 т/га, що менше НІР05 = 0,16 т/га, тобто статистично достовірного приросту при переході від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ у конкретних умовах року не отримано.

Практичний зміст отриманих результатів полягає в тому, що перехід від помірного до підвищеного фону (контроль → $N_{15}P_{15}K_{15}$ → $N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечував суттєве зростання врожайності, тоді як максимальна норма $N_{60}P_{60}K_{60}$ в умовах нестійкого зволоження демонструвала зниження окупності. Це пояснюється тим, що за серпневої нестачі опадів посилювалася конкуренція за вологу між вегетативними органами й кошиком, а частина потенціалу

підвищеного азотного живлення не реалізується у врожаї через скорочення тривалості й інтенсивності наливу.

Для соняшнику якість продукції визначається насамперед олійністю та валовим збором олії. Відомо, що зростання доз азоту часто супроводжується тенденцією до зниження відсоткової олійності (через підсилення синтезу білкових сполук та зниженням вмісту олії більшим урожаєм), тоді як збалансоване NPK, особливо за достатнього калійного живлення, може підтримувати вищий рівень олієнагромадження за сприятливих умов наливу. У 2025 році налив проходив на фоні достатнього зволоження в липні та дефіциту опадів у серпні, що підсилювало різницю між варіантами як за масою насінини, так і за відсотком олії. Згідно з табл. 4, маса 1000 насінин на контролі становила 49,5 г, тоді як у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ підвищилася до 54,2 г. На $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ маса 1000 насінин досягала 56,8–57,3 г, тобто удобрення забезпечувало більш вирівняне і крупне насіння. Це є важливою ознакою кращого наливу та підвищення частки добре виповнених насінин у кошику.

Таблиця 4

Якісні показники насіння соняшнику
залежно від варіантів удобрення (2025 р.)

Варіант удобрення	Маса 1000 насінин, г	Вміст олії, %	Збір олії, т/га
Без добрив (контроль)	49,5	50,4	1,22
$N_{15}P_{15}K_{15}$	54,2	52,0	1,56
$N_{30}P_{30}K_{30}$	56,8	51,6	1,69
$N_{60}P_{60}K_{60}$	57,3	50,9	1,74

Олійність у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ становила 52,0 %. На контролі олійність була нижчою – 50,4 %. На інтенсивніших фонах ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) спостерігалася тенденція до незначного зниження олійності до 51,6–50,9 %, що узгоджується з

біологічною реакцією соняшнику на посилення азотного живлення та з особливостями серпневого водного режиму.

Збір олії з гектару закономірно зростав разом із врожайністю, попри невелике зниження відсоткової олійності на інтенсивних фонах. Так, на контролі він становив 1,22 т/га, тоді як на варіантах $N_{15}P_{15}K_{15}$ – 1,56 т/га, на $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 1,69 т/га, а на $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,74 т/га. Отже, якщо критерієм є максимальна олійність (відсоток), перевага за $N_{15}P_{15}K_{15}$; якщо ж оцінювати валовий вихід олії, то найвищим він був на інтенсивних фонах, однак з огляду на відсутність достовірної різниці між $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ за врожайністю, практична доцільність максимальної норми добрив повинна визначатися економічними розрахунками.

Отже у 2025 році за контрастного режиму зволоження (надмірно вологий травень, різко посушливий червень, вологий липень і сухий серпень) мінеральне удобрення забезпечило істотне підвищення ростових показників і продуктивності гібриду СИ Арізона. Сингента Україна На удобрених варіантах висота рослин у фазу цвітіння зросла до 168–186 см, площа листкової поверхні – до 28,1–34,7 тис. м²/га, а накопичення сухої речовини – до 45,9–61,8 ц/га, що стало морфофізіологічною основою підвищення врожайності насіння.

Найбільш збалансованим для виробництва виявився варіант $N_{15}P_{15}K_{15}$ (нітроамофоска 90 кг/га в рядки), який забезпечив урожайність 3,00 т/га за олійності 52,0 % і збору олії 1,56 т/га. Подальше підвищення норм добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$– $N_{60}P_{60}K_{60}$) збільшувало врожайність до 3,28–3,41 т/га, однак приріст між $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ (0,13 т/га) не перевищував $НІР_{05}$ = 0,16 т/га, що вказує на зниження окупності максимальної норми добрив у погодних умовах року та необхідність економічного обґрунтування застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ за нестійкого зволоження.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯРІЗНИХ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ (у цінах на 01.11 2025 р)

5.1. Економічна ефективність

У сучасних умовах інтенсифікації землеробства досягнення високих показників урожайності більшості польових культур уже не є винятком. Водночас у контексті зростання вартості матеріально-технічних ресурсів і коливань цін на продукцію ключовим критерієм ефективності технології стає не лише рівень урожаю, а передусім прибутковість виробництва. Саме тому науково обґрунтоване поєднання елементів технології та їх адаптація до конкретних ґрунтово-кліматичних і виробничо-економічних умов дають змогу отримувати конкурентоспроможну продукцію та підвищувати стійкість аграрного сектору України [53].

Прибутковість вирощування (а за потреби – і переробки) соняшнику визначається сукупністю природно-економічних чинників, рівнем технологічного забезпечення, результатами впровадження наукових розробок, а також ефективністю управління ризиками. Для культури важливими є відповідність агротехнічних прийомів її біологічним потребам, реакція на застосування засобів захисту рослин (зокрема гербіцидів), а також фітосанітарний стан посівів, оскільки розвиток хвороб здатний суттєво знижувати як урожайність, так і якість насіння [54]. У зв’язку з цим економічно доцільними вважаються ті технології, які забезпечують оптимізацію витрат енергії та ресурсів на одиницю продукції за одночасного зростання продуктивності рослин і стабільності результату в різні за погодою роки [55].

Економічну ефективність агротехнологічних рішень оцінюють за системою взаємопов’язаних показників, що відображають співвідношення між отриманою продукцією та виробничими витратами. До таких показників належать урожайність і вартість валової продукції, виробничі витрати, собівартість одиниці продукції, прибуток (умовно чистий дохід) та рівень

рентабельності. Їх аналіз дозволяє об’єктивно зіставити удосконалені елементи технології з базовими варіантами та встановити, за рахунок яких складових формується економічний результат. При цьому зростання урожайності не завжди прямо трансформується у пропорційне зростання прибутку, оскільки підвищення продуктивності може супроводжуватися збільшенням витрат; однак за раціонального підбору норм і способів внесення добрив часто досягається зниження собівартості одиниці продукції та підвищення рентабельності [56].

У межах дипломної роботи проведено аналіз виробничих витрат на вирощування соняшнику за досліджуваними варіантами удобрення з метою оцінки економічної доцільності кожного підходу та відсіву надмірно затратних рішень, що не забезпечують адекватної окупності приростом урожайності та виходом олії. Результати розрахунків наведено в таблиці 5.

Економічні розрахунки виконано у цінах станом на 01 листопада 2025 р., оскільки вартість матеріальних ресурсів і послуг є динамічною, а вимогою сучасного конкурентного виробництва є отримання не лише високого врожаю, але й рентабельної продукції за реальних ринкових умов.

Вартість товарного насіння соняшнику (з урахуванням бонусів за олійність 52 %) прийнята на рівні 17000 грн/т. Вартість мінеральних добрив нітроамофоска, 16:16:16 – 35000 грн/т.

Витрати на вирощування у контрольному варіанті (без добрив) склали 24 950 грн/га. Ця сума включає орендну плату – 7000 грн, податки – 3500 грн, вартість паливно-мастильних матеріалів, насіння, засобів захисту рослин (ґрунтові та страхові гербіциди, фунгіциди, бор), а також витрати на збирання та логістику. У дослідних варіантах виробничі витрати зростали пропорційно вартості внесених мінеральних добрив (табл. 5).

Аналіз даних таблиці 5 показав, що застосування мінеральних добрив суттєво вплинуло на фінансові результати. На контрольному варіанті отримано найменший чистий прибуток (16 190 грн/га) при рівні рентабельності 64,9 %.

Таблиця 5

Економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від системи удобрення

Показник	Без добрив (контроль)	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Урожайність, т/га	2,42	3,00	3,28	3,41
Вартість валової продукції, грн/га	41140	51000	55760	57970
Виробничі витрати, всього, грн/га	24950	28450	31950	38950
в т.ч. вартість добрив	0	*3500*	*7000*	*14000*
Собівартість 1 т насіння, грн	10310	9483	9741	11422
Чистий прибуток, грн/га	16190	22550	23810	19020
Рівень рентабельності, %	64,9	79,3	74,5	48,8

Найвищий рівень рентабельності – 79,3 % – забезпечив варіант із внесенням стартової дози добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, або 100 кг/га у фізичній вазі). При урожайності 3,00 т/га собівартість однієї тонни продукції тут була найнижчою (9 483 грн), а чистий прибуток склав 22 550 грн/га. Це свідчить про те, що кожна гривня, вкладена в добрива на цьому варіанті, дала максимальну віддачу.

Подвоєння норми добрив у варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило найвищий абсолютний показник чистого прибутку, який склав 23810 грн/га за рахунок росту врожайності до 3,28 т/га. Проте через зростання витрат на добрива рівень рентабельності дещо знизився до 74,5 %.

Варіант із максимальною нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$, незважаючи на отримання найвищої врожайності на рівні 3,41 т/га, виявився економічно менш

привабливим. Витрати на добрива зросли до 14 000 грн/га, що призвело до підвищення собівартості продукції до 11422 грн/т. В результаті рівень рентабельності впав до 48,8 %, що є найнижчим показником серед усіх варіантів з добривами.

Таким чином в умовах 2025 року найбільш економічно обґрунтованим є внесення добрив у нормі $N_{15}P_{15}K_{15}$, що забезпечує оптимальний баланс між витратами та прибутком.

5.2. Енергетична ефективність

В умовах подорожчання енергоносіїв важливим критерієм оцінки технології є її енергетична ефективність, яка визначається співвідношенням енергії, акумульованої в урожаї, до сукупних енерговитрат на його вирощування (табл. 6).

При розрахунках враховували енергоємність пального, добрив, пестицидів, насіння та затрати живої праці. Найбільш енергоємним ресурсом є мінеральні добрива, виробництво яких потребує значних витрат природного газу та електроенергії.

Таблиця 6

Енергетична ефективність вирощування соняшнику

Показник	**Без добрив (контроль)**	**$N_{15}P_{15}K_{15}$**	**$N_{30}P_{30}K_{30}$**	**$N_{60}P_{60}K_{60}$**
Сукупні витрати енергії, ГДж/га	18,5	22,1	25,8	33,2
Вміст енергії в урожаї, ГДж/га	53,2	66,0	72,1	75,0
Чистий енергетичний дохід, ГДж/га	34,7	43,9	46,3	41,8
Коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее)	**2,87**	**2,99**	**2,79**	**2,26**

Результати біоенергетичної оцінки корелюють з економічними показниками. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (2,99) отримано у варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$. Це означає, що на 1 ГДж витраченої енергії отримано майже 3 ГДж енергії в урожаї насіння.

Зі збільшенням норм внесення мінеральних добрив сукупні витрати енергії різко зростали (до 33,2 ГДж/га у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$). Оскільки приріст урожаю не був пропорційним зростанню енерговитрат, коефіцієнт енергетичної ефективності у варіанті з максимальною дозою добрив знизився до 2,26.

Таким чином, з погляду енергозбереження та екологічної доцільності, найбільш ефективною є технологія із застосуванням помірних доз добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, яка дозволяє раціонально використовувати невідновлювані енергетичні ресурси.

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація охорони праці та техніка безпеки при виконанні польових робіт

Охорона праці в сільському господарстві є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Організація робіт у ТОВ «Чорна Кам'янка» базується на положеннях Конституції України, Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України (КЗпП) та галузевих нормативних актів [57–59].

При виконанні технологічних операцій, передбачених схемою досліду (внесення мінеральних добрив, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю), основними небезпечними факторами є рухомі частини сільськогосподарських машин, підвищений рівень шуму та вібрації, а також контакт із агрохімікатами (нітроамофоска, пестициди).

Оскільки методика досліджень передбачала внесення мінеральних добрив, особливу увагу приділяли правилам поводження з агрохімікатами:

1. До робіт з транспортування, навантаження та внесення добрив допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці.

2. Всі роботи з підготовки туків (завантаження у розкидачі або бункери сівалок) повинні бути механізованими. Під час ручних операцій працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): респіратори протипилові (типу «Пелюстка»), захисні окуляри, спецодяг та рукавиці, щоб уникнути потрапляння пилу добрив на шкіру та в дихальні шляхи.

3. Забороняється приймати їжу, пити воду та палити на робочому місці під час роботи з добривами. Це дозволяється робити лише у спеціально відведених місцях після ретельного миття рук та обличчя.

Усі польові роботи (оранка, культивація, сівба, збирання) виконувалися з використанням машинно-тракторних агрегатів (John Deere, МТЗ, Claas), що вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки:

1. Перед початком робіт механізатор зобов'язаний перевірити технічний стан трактора та сільськогосподарських машин. Гальмівна система, рульове управління, світлова сигналізація повинні бути справними. Усі рухомі частини (карданні вали, ланцюгові та пасові передачі) мають бути закриті захисними кожухами.

2. Під час роботи забороняється перебування сторонніх осіб у кабіні трактора або на причіпних знаряддях. Очищення робочих органів (сошників сівалки, лап культиватора, жатки комбайна) дозволяється проводити тільки при зупиненому двигуні та повному відключенні валу відбору потужності (ВВП).

3. При сівбі, працівники, які обслуговують сівалку (засипають насіння та добрива), повинні стояти на спеціальних підніжках, обладнаних поручнями. Завантаження насіння протруєним препаратами та мінеральними добривами проводиться тільки в засобах індивідуального захисту.

4. Усі трактори та комбайни, задіяні в роботі (особливо в період збирання соняшнику, коли стебла сухі й легкозаймисті), повинні бути обладнані іскрогасниками та первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопати, штикова тканина).

Для забезпечення нормальних умов праці механізаторів та обслуговуючого персоналу у ТОВ «Чорна Кам'янка» дотримуються режиму праці та відпочинку. Тривалість робочої зміни не повинна перевищувати встановлених норм. Поля, де проводяться роботи, забезпечуються аптечками першої домедичної допомоги та питною водою у герметичних ємностях (з розрахунку 2–3 л на особу). Кабіни сучасних тракторів (John Deere) обладнані системами кондиціювання та віброізоляції, що мінімізує вплив шкідливих факторів на оператора.

Отже, дотримання зазначених вимог охорони праці дозволяє мінімізувати виробничий травматизм та професійні захворювання при вирощуванні соняшнику.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища

Інтенсифікація технологій вирощування соняшнику, яка передбачає використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин, несе потенційні ризики для довкілля. Головними екологічними проблемами можуть стати забруднення ґрунтових вод нітратами, евтрофікація водойм, накопичення шкідливих речовин у ґрунті та продукції, а також порушення біологічної рівноваги в агроценозах. Тому рекомендовані нами заходи базуються на принципах екологічної безпеки та раціонального природокористування [60].

Темно-сірі опідзолені ґрунти Уманського району характеризуються слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Неконтрольоване внесення високих доз фізіологічно кислих добрив (аміачна селітра, деякі види нітроамофоски) може призвести до подальшого підкислення ґрунту, що негативно впливає на його мікробіологічну активність та структуру. Рекомендована нами система удобрення (варіант $N_{30}P_{30}K_{30}$) передбачає внесення помірних доз, які повністю засвоюються рослинами соняшнику на формування врожаю і не призводять до надлишкового накопичення баластних речовин у ґрунті. На відміну від варіанта з максимальною нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$), рекомендована доза мінімізує ризик вимивання нітратного азоту в ґрунтові води, що є важливим фактором охорони водних ресурсів регіону.

Екологічна чистота продукції оцінюється насамперед за вмістом нітратів та залишків пестицидів. Дослідженнями встановлено, що внесення азотних добрив у рекомендованих дозах N_{15}–N_{30} не призводить до перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) нітратів у насінні соняшнику. Водночас, збалансоване фосфорно-калійне живлення сприяє повнішій трансформації азотних сполук у білки, що знижує вміст вільних нітратів. Крім того, отримане насіння характеризується високою олійністю (52 %), що свідчить про фізіологічну зрілість та високу біологічну цінність продукції [60].

У рекомендованій технології важливим аспектом є збереження родючості ґрунтів. Після збирання соняшнику на полі залишається значна кількість

побічної продукції (стебла, кошики), яка подрібнюється та заробляється в ґрунт. Це сприяє поверненню органічної речовини та елементів живлення в біологічний кругообіг, підтримуючи бездефіцитний баланс гумусу. Застосування сучасних ґрунтових гербіцидів (пропізохлор, прометрин) та фунгіцидів класу стробілуринів (Амістар, Аканто), які швидко розкладаються у ґрунті на безпечні компоненти, мінімізує токсичне навантаження на довкілля порівняно з використанням високотоксичних препаратів старих поколінь.

Таким чином, запропонована технологія вирощування соняшнику з використанням оптимізованих норм мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ є екологічно збалансованою. Вона забезпечує отримання високих врожаїв якісної продукції без шкоди для довкілля, сприяє збереженню родючості темно-сірих опідзолених ґрунтів та відповідає вимогам сталого розвитку аграрного виробництва.

ВИСНОВКИ

На основі проведених у 2024–2025 рр. польових досліджень в умовах ТОВ «Чорна Кам’янка» Уманського району щодо впливу норм мінеральних добрив на продуктивність соняшнику, можна зробити такі висновки:

1. Вегетаційний період 2025 року характеризувався підвищеним температурним режимом та нерівномірним розподілом опадів. Критичний дефіцит вологи у червні (11,2 мм) стримував ріст рослин на початкових етапах, проте надмірна кількість опадів у липні (112,3 мм) та серпні сприяла компенсаційному росту, повноцінному наливу насіння та реалізації генетичного потенціалу культури.

2. Внесення мінеральних добрив (нітроамофоски) під передпосівну культивацію суттєво покращило агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту. Застосування дози $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило перехід забезпеченості орного шару рухомими формами фосфору 110 мг/кг та калію 98 мг/кг від середнього до підвищеного рівня, а також збільшило вміст легкогідролізованого азоту до 161 мг/кг.

3. Поліпшення умов живлення позитивно вплинуло на біометричні показники соняшнику. У фазу цвітіння висота рослин на удобрених фонах перевищувала контроль на 16–34 см, а площа листкової поверхні зросла з 23,8 тис. $м^2$/га (контроль) до 32,4 тис. $м^2$/га у варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$, що створило передумови для активного фотосинтезу.

4. Застосування мінеральних добрив забезпечило достовірний приріст урожайності. На контролі отримано 2,42 т/га. Внесення норми $N_{15}P_{15}K_{15}$ (90–100 кг/га у фізичній вазі) підвищило врожайність до 3,00 т/га (+0,58 т/га). Подвоєння дози до $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило врожайність 3,28 т/га. Максимальну урожайність отримано у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 3,41 т/га, проте приріст відносно попереднього варіанта був несуттєвим (+0,13 т/га).

5. Оптимізація мінерального живлення сприяла покращенню якісних показників насіння. Маса 1000 насінин зросла з 49,5 г на контролі до 54,2–57,3 г на удобрених варіантах. Найвищу олійність насіння (52,1 %) зафіксовано у

варіанті з внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$. Збільшення норми азоту до N_{60} призвело до зниження вмісту олії до 50,9 %.

6. Найвищий рівень рентабельності (79,3 %) та найнижчу собівартість продукції (9 483 грн/т) забезпечив варіант із внесенням $N_{15}P_{15}K_{15}$. Варіант $N_{30}P_{30}K_{30}$ дав найвищий чистий прибуток з гектара (23 810 грн), проте мав дещо нижчу рентабельність (74,5 %). Застосування максимальної дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ виявилося економічно недоцільним (рентабельність знизилася до 48,8 %).Енергетична ефективність. З погляду енергозбереження найбільш ефективною є технологія із застосуванням помірних доз добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, де коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,99, що свідчить про раціональне використання невідновлюваних енергоресурсів.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання сталих врожаїв соняшнику на рівні 3,0–3,3 т/га з високою якістю насіння (олійність понад 50 %) в ґрунтово-кліматичних умовах Уманського району Черкаської області (зона Правобережного Лісостепу) на темно-сірих опідзолених ґрунтах рекомендуємо вносити норми добрив у співвідношенні $N_{15}P_{15}K_{15}$ та $N_{30}P_{30}K_{30}$, а також використовувати посухостійкі гібриди інтенсивного типу адаптовані до умов регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Господаренко Г. М., Нікітіна О. В. Продуктивність соняшнику залежно від удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2017. № 1. С. 52–56.

2. Кривохижа Є. М., Матвіїшин А. І. Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. № 44. С. 33 – 37.

3. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія (2015) / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 520 с.

4. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.

5. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

6. Interfax-Ukraine. Україна посідає друге місце у світі за виробництвом високоолеїнового соняшнику - експерт. Інтерфакс-Україна. URL: https://interfax.com.ua/news/economic/943203.html (дата звернення: 01.11.2025).

7. Гладкий Ф. Ф., Тарадайченко, М. В. Удосконалення технології переробки насіння соняшнику на олієдобуваючому підприємстві. Вісники НТУ "ХПІ". 2012. № 17. С. 103 – 106.

8. Рослинництво з основами кормовиробництва та агрометеорології : підручник. Ч. 1. Рослинництво / С. М. Каленська та ін. Київ : Прінтеко, 2023. 611 с.

9. 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.

10. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник ПДАА. 2022. № 2. С. 50–56.

11. Жатова Г., Яценко В., Колос І. Реакція гібридів соняшнику на застосування ретардантів. Danish scientific journal. 2021. Vol. 2, No 54. P. 3–8.

12. Урожайність соняшнику залежно від використання сучасних рістрегулюючих препаратів для живлення / В. С. Кудріна та ін. Вісник Миколаївського національного аграрного університету. 2017. № 2. С. 73–75.

13. Господаренко Г. М. Агрохімія мікроелементів. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 416 с.

14. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.

15. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / за заг ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

16. Hanáčková E., Macák M., Candrakova E. The nutrients balance of crop rotation as an indicator of sustainable farming on arable land. Journal of Central European Agriculture. 2008. Vol. 9. № 3. P. 431–437.

17. Марчук І.У., Бикіна Н.М., Бордюжа Н.П. Діагностика живлення рослин: підручник. 2018. 268с.

18. Господаренко Г. Удобрення соняшнику: влучно і вчасно. Пропозиція. 2019. №4. С. 58–61.

19. 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.

20. Піньковський Г. В., Мащенко Ю. В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. 2019. № 107. С. 145–150.

21. Олійність соняшнику, від чого залежить олійність насіння соняшнику – Пропозиція. Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу. URL: https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/sonyashnyk-yak-domohtysya-vysokoyi-oliynosti (дата звернення: 14.11.2025).

22. Кохан А. В., Гангур В. В., Корецький О. Є., Лень О. І., Манько Л. А. Соняшник у сівозмінах лівобережного Лісостепу України. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2015. Вип. 18. С. 62–68.

23. Sharma S. K., Ramesh A., Sharma P., Joshi O., Govaerts B., Steenwerth K. L., Karlen D. L. Microbial community structure and diversity as indicator for evaluating soil quality. In: E. Lichtfouse (Ed.). Biodiversity. Biofuels, Agroforestery and Conservation Agriculture. Sustainable Agriculture Reviews. 2010. Vol. 5. P. 317–347.

24. Ткаліч Ю. І. Вбиває не соняшник, а безгосподарність. Зерно. 2017. № 3(132). С. 28–30.

25. Цвей Я., Тищенко М., Філоненко С., Ляшенко В. Формування поживного режиму грунту в полі цукрових буряків залежно від їх удобрення в короткоротаційній плодозмінній сівозміні. 2018. № 4. С. 43–50.

26. Поляков О. І., Щербак А.Д. Продуктивність соняшнику під впливом мінеральних добрив і регуляторів росту. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 33. С. 111–122.

27. Каплін О. О. Вплив попередників та агротехнічних прийомів на врожайність та збір жиру з гектару поливного соняшника в умовах півдня України. Аграрний вісник Причорномор’я. Одеса. 2004. № 26. С. 26–32.

28. Августинович М .Б., Чумак А. О. Правила живлення соняшнику. Агроном. URL: https://www.agronom.com.ua/pravyla-zhyvlennya-sonyashnyku/ (дата звернення: 13.10.2025).

29. Удобрення соняшнику: сучасно та ефективно. Пропозиція. URL: https://propozitsiya.com/ua/udobrennya-sonyashniku-suchasno-ta-efektivno (дата звернення: 13.10.2025).

30. Ткаліч І. Д. Мамчук О. Л. Способи сівби та густота стояння рослин соняшнику гібрида Дарій. Агроном. 2011. № 1. С. 5.

31. Фурсова Г. К., Фурсов Д. І., Сергєєв В. В. Рослинництво. лабораторно-практичне завдання. Ч.ІІ. Технічні та кормові культури. Навчальний посібник/ За редакцією. Г. К. Фурсової Харків. ТО Ексклюзив, 2008. 356 с.

32. Тоцький В. М., Поляков О. І. Вплив мінеральних добрив на показники продуктивності та якості насіння гібридів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН.* 2009. № 14. С. 232 – 237. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2009/14/Totckyi_14.pdf (дата звернення: 14.11.2025).

33. Коркодола М. М., Макляк К. М. Мінливість вмісту олії та білка в насінні кондитерського соняшнику залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 2023. № 34. С. 72 – 83.

34. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Алієва О. Ю. Застосування мінеральних та сидеральних добрив за різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 2022. № 32. С.73–83.

35. Кохан А. В. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності соняшнику в умовах недостатнього та нестійкого зволоження: дис. … д-ра с.-г.н.: 06.01.09. Херсон, 2021. 397 с.

36. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : підручник. 5-те вид. Львів : НВФ «Українські технології», 2022. 1040 с.

37. Каленська С. М. та ін. Рослинництво : підручник. Київ : НАУ, 2016. 570 с.

38. Андрієнко А. Л. Біологія та екологія соняшнику : монографія. Харків : Штріх, 2019. 215 с.

39. Мельник А. В., Троценко В. І. Біологічні основи формування врожайності соняшнику в умовах Лісостепу. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2018. Вип. 3 (35). С. 23–29.

40. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

41. Каталог гібридів соняшнику Syngenta 2023/2024. Київ : ТОВ «Сингента», 2023. 112 с.

42. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2024. 544 с.

43. Ткаліч Ю. І., Центило Л. В., Бочевар О. В. Формування продуктивності сучасних гібридів соняшнику залежно від групи стиглості та умов зволоження. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2019. № 15. С. 63–69.

44. Технологія вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України : науково-практичні рекомендації / за ред. А. В. Мельника. Суми : СНАУ, 2020. 48 с.

45. Польчина С. М. Основні типи ґрунтів у системі WRB : навч. посібник. Ч. 2. Чернівці : Рута, 2007. 132 с.

46. Моніторинг та охорона земель. Практикум : навчальний посібник / В. С. Мошинський, Т. В. Бухальська, А. Г. Ліщинський, Ж. В. Наконечна. Вид. 2-ге, перероб. та доповн. Рівне : НУВГП, 2019. 202 с.

47. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.

48. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник/ За ред. В.О. Єщенка. Вінниця : ПП «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

49. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрономічної хімії: Навч. посібник / Карасюк І. М., Геркіял О. М., Недвига М.В., Господаренко Г. М. та ін. За ред. І. М. Карасюка. Київ : ЗАТ “Нічлава”, 2001. 192 с.

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

51. Господаренко Г. Як годувати соняшник. The Ukrainian Farmer. 2020. №3. С. 76–78.

52. Курач О. В., Лукащук Л. Я., Першута В. В. Вплив доз мінерального удобрення та стимуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику. Вісник аграрної науки 2023, № 8 (845). С.12–19. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-02.

53. Соколюк С. Ю. Розвиток підприємств аграрного сектору на засадах гармонізації інноваційних процесів: теорія і практика : монографія. Умань: «Візаві», 2019. 376 с.

54. Перетятько І. В. Економічна ефективність виробництва соняшнику в сільськогосподарських підприємствах України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 2. С.175–179.

55. Гангур В. В., Сокирко П. Г., Тоцький В. М. Урожайність та економічна ефективність вирощування соняшника за різних способів

обробітку ґрунту. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011. № 1. С. 46–48.

56. Забарський В. К., Мацибора В. І., Чалий А. А. Економіка сільського господарства. Київ. Каравелла. 2009. 264 с.

57. Охорона праці : навч. посіб. / О. І. Подольська та ін. 2-ге вид. Київ : ЦУЛ, 2017. 264 с.

58. Охорона праці в сільському господарстві (технічне обслуговування і ремонт машин сільськогосподарського виробництва) : Навч. посіб. для студ. ВНЗ / І. П. Пістун, В. В. Хом'як, Й. В. Хом'як. Суми : Унів. кн., 2007. 455 с.

59. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / О. В. Чернівці : Рута, 2022. 263 с.

60. Сільськогосподарська екологія : навч. посіб. / О. П. Ткачук, Ю. М. Шкатула, О. М. Тітаренко. Вінниця : ВНАУ, 2020. 542 с. URL: https://repository.vsau.org/getfile.php/24545.pdf

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати дисперсійного аналізу врожайності насіння соняшнику, т/га (2025 р.)

№	Варіант удобрення	I	II	III	IV	Середнє (X^-)	Відхилення (± до контролю)
1	Без добрив (контроль)	2,38	2,45	2,40	2,45	**2,42**	–
2	$N_{15}P_{15}K_{15}$	2,95	3,05	3,00	3,08	**3,02**	+0,60
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,25	3,22	3,35	3,30	**3,28**	+0,86
4	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,38	3,40	3,45	3,41	**3,41**	+0,99
	$НІР_{0,5}$	**0,16**					

Джерело варіювання	Сума квадратів (C_y)	Ступені свободи (v)	Середній квадрат (S^2)	$F_{факт}$	$F_{табл}$ (05)
Загальне	2,342	15	–	–	–
Повторення	0,008	3	0,003	1,4	3,86
Варіанти (Добрива)	2,315	3	0,772	**367,6***	3,86
Помилка (Залишкова)	0,019	9	**0,0021**	–	–

Результати математичної обробки даних:

Середня похибка досліду: 0,056 т/га

Похибка досліду: 1,8 % (дослід вважається високоточним, оскільки показник < 3 %).

Найменша істотна різниця НІР: 0,16 т/га

Аналіз істотності різниці:

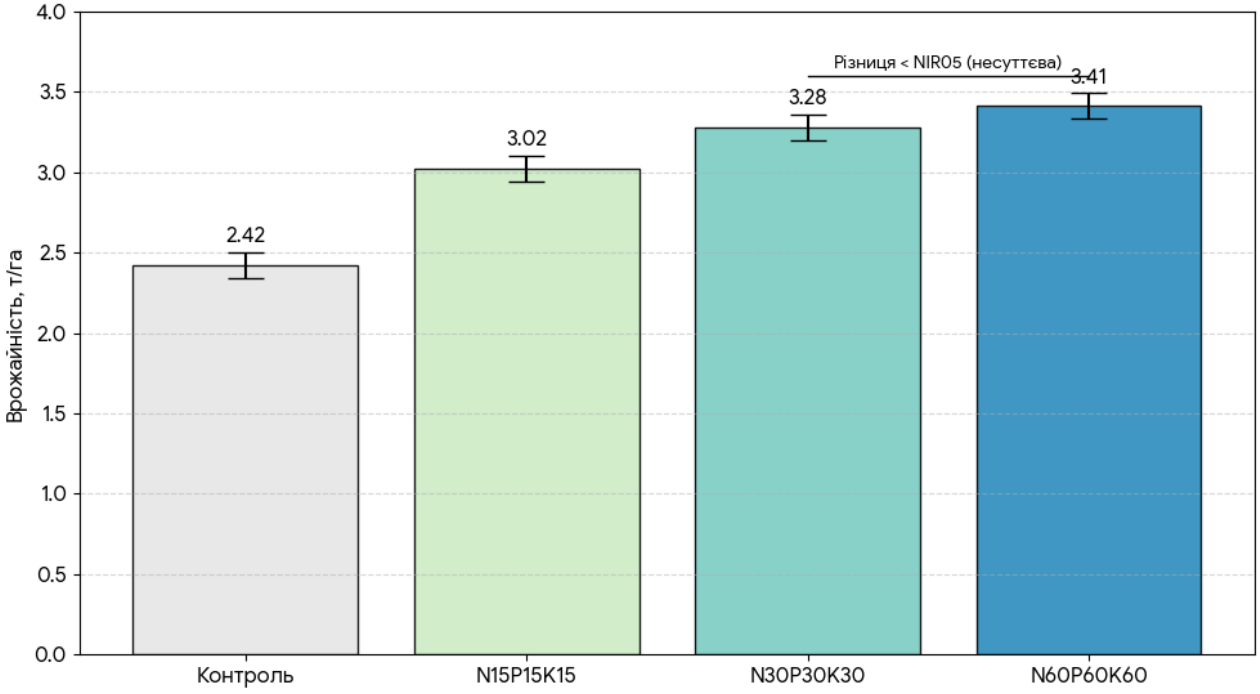
Контроль та $N_{15}P_{15}K_{15}$: Різниця становить 3,02–2,42=0,60 т/га. Оскільки 0,60 > $НІР_{0,5}$ (0,16), прибавка врожаю є істотною.

$N_{15}P_{15}K_{15}$ та $N_{30}P_{30}K_{30}$:Різниця становить 3,28–3,02 = 0,26 т/га. Оскільки 0,26 > $НІР_{0,5}$ (0,16), збільшення дози добрив забезпечило достовірний приріст.

$N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$: Різниця становить 3,41–3,28 = 0,13 т/га. Оскільки 0,13 < $НІР_{0,5}$ (0,16), різниця знаходиться в межах помилки досліду і є статистично неістотною.

Додаток Б

Врожайність з урахуванням статистичної похибки $НІР_{0,5}$ =0,16 т/га



Додаток В

Технологічна карта вирощування соняшнику гібриду СИ Арізона

Площа: 1 га (розрахункова). **Планова врожайність:** 3,28 т/га. **Попередник:** Пшениця озима

№ з/п	Найменування робіт	Строки виконання	Склад агрегату (Трактор + СГМ)	Обсяг робіт, га	Витрати матеріалів (назва, норма)	Вартість матеріалів, грн/га	Загальні витрати (ПММ, оплата праці, амортизація), грн/га	Всього витрат, грн/га
1	**Основний обробіток ґрунту**							**3 300**
1.1	Лущення стерні (8-10 см)	Липень (після збирання попередника)	Т-150К + БДТ-7	1,0	–	–	1 000	1 000
1.2	Оранка на зяб (25-27 см)	Жовтень	John Deere 8335R + Lemken EuroDiamant	1,0	–	–	2 300	2 300
2	**Передпосівний обробіток та удобрення**							**9 250**
2.1	Закриття вологи (боронування)	Березень (фізична стиглість)	МТЗ-82 + БЗТС-1,0	1,0	–	–	700	700
2.2	Внесення мінеральних добрив (розкидним способом)	Квітень	МТЗ-82 + МВД-900	1,0	Нітроамофоска (16:16:16), **200 кг**	7 000	350	7 350
2.3	Передпосівна культивація (6-8 см)	Квітень	МТЗ-892 + КПС-4	1,0	–	–	1 200	1 200
3	**Сівба**							**4 686**
3.1	Сівба пунктирним способом	03.05	МТЗ-892 + УПС-8	1,0	Насіння СИ Арізона, **2,3 п.о./га**	3 636	1 050	4 686
4	**Догляд за посівами та захист**							**4 900**
4.1	Внесення ґрунтових гербіцидів	04-05.05 (до сходів)	МТЗ-82 + ОП-2000	1,0	Пропізохлор (1,5 л) + Прометрин (1,5 л)	1 700	300	2 000
4.2	Міжрядний обробіток ґрунту	Травень (4-6 листків)	МТЗ-82 + КРН-5,6	1,0	–	–	500	500
4.3	Внесення фунгіцидів та мікродобрив	Червень (бутонізація)	Самохідний обприскувач	1,0	Амістар Екстра (0,8 л) + Бор (1,0 л)	1 500	600*	2 100
4.4	Крайові обкоси (протипожежні заходи)	Серпень	МТЗ-82 + БДТ-3	0,1	–	–	300	300
5	**Збирання врожаю**							**2 500**
5.1	Пряме комбайнування	27.09	Claas Lexion	1,0	–	–	2 200	2 200
5.2	Транспортування зерна	27.09	КамАЗ	3,28 т	–	–	300	300
6	**Загальновиробничі витрати**							**10 500**
6.1	Орендна плата за землю	–	–	1,0	–	–	7 000	7 000
6.2	Податки та збори	–	–	1,0	–	–	3 500	3 500
	РАЗОМ ВИТРАТ:					**13 836**	**18 114**	**31 950**