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

ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ БУРЯКА ЦУКРОВОГО В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Виконав – студент ІІ курсу, групи 25 м-а
спеціальності 201 Агрономія
КОДЬ Владислав Вадимович

Керівник СТАСІНЄВИЧ Олександр,
к. с.-г. н., доцент,

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОБРЕННЯ БУРЯКА ЦУКРОВОГО (огляд літератури**)** 5
1.1. Вплив систем удобрення на агрохімічні показники ґрунту в умовах сівозміни 5
1.2. Винесення поживних речовин буряком цукровим та його реакція на елементи мінерального живлення 7
1.3. Особливості удобрення буряка цукрового в умовах короткоротаційної сівозміни Правобережного Лісостепу 9
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ 12
2.1. Ботанічна і біологічна характеристика буряка цукрового 12
2.2. Характеристика гібриду Панда 15
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 17
3.1. Ґрунтові умови 17
3.2. Погодні умови 18
3.3. Схема досліду 21
3.4. Агротехніка вирощування буряка цукрового у досліді 22
3.5. Методика проведення досліджень 23
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 25
4.1. Вміст нітратного азоту в ґрунті за різних норм мінеральних добрив 25
4.2. Вміст рухомого фосфору в ґрунті за різних норм мінеральних добрив 28
4.3. Вміст обмінного калію в ґрунті за різних норм мінеральних добрив 29
4.4. Формування врожаю буряка цукрового за різних норм мінеральних добрив 31
4.5. Цукристість коренеплодів залежно від удобрення 35
4.6. Збір цукру залежно від удобрення буряка цукрового 32
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД БУРЯК ЦУКРОВИЙ 39
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 41
6.1. Організація роботи з охорони праці при внесенні мінеральних добрив та шляхи її поліпшення в умовах ТОВ Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області 41
6.2. Охорона навколишнього середовища при застосуванні добрив на посівах буряка цукрового 45
В И С Н О В К И 51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 52
ДОДАТКИ 57

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку аграрного виробництва України особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності використання мінеральних добрив за одночасного збереження родючості ґрунтів. Це пов’язано з інтенсифікацією землеробства, скороченням обсягів внесення органічних добрив та зростанням вартості мінеральних ресурсів, що призводить до порушення балансу поживних речовин у ґрунті та зниження його продуктивного потенціалу [1].

Буряк цукровий є однією з ключових технічних культур Правобережного Лісостепу України, яка характеризується високою потребою в елементах живлення та чутливістю до умов мінерального живлення. Саме система удобрення значною мірою визначає рівень урожайності коренеплодів, їх цукристість і загальний вихід цукру [2].

В останні роки ефективність технологій вирощування буряка цукрового значною мірою залежить також від кліматичних змін, які проявляються у підвищенні температури повітря, дефіциті вологи та зміні режиму випадіння опадів. Це вимагає адаптації систем удобрення до нових ґрунтово-кліматичних умов та перегляду норм застосування мінеральних добрив у сівозмінах [3].

Особливої уваги заслуговують короткоротаційні сівозміни, які широко впроваджуються у сучасних аграрних підприємствах, зокрема в умовах ТОВ Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області. За таких умов зростає агрохімічне навантаження на ґрунт, що потребує науково обґрунтованого підходу до застосування добрив з урахуванням післядії попередників [2, 4].

Метою магістерської роботи є наукове обґрунтування ефективності застосування мінеральних добрив під буряк цукровий у короткоротаційній сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети було передбачено виконання таких завдань:

- оцінити зміну агрохімічних показників ґрунту залежно від норм мінеральних добрив;
- встановити вплив удобрення на формування врожайності буряка цукрового;
- визначити зміну цукристості коренеплодів та збору цукру;
- проаналізувати економічну та енергетичну ефективність застосування добрив;
- дослідити вплив удобрення на екологічний стан агроекосистем;

Об’єкт досліджень – агротехнологія вирощування буряка цукрового у короткоротаційній сівозміні. Предмет досліджень – вплив різних норм мінеральних добрив на поживний режим ґрунту, урожайність, якість коренеплодів та ефективність виробництва буряка цукрового.

У роботі використано польовий, лабораторний, розрахунково-аналітичний та статистичний методи досліджень із застосуванням сучасних підходів до оцінки економічної та енергетичної ефективності.

Наукова новизна полягає у:

- проведенні комплексної оцінки ефективності удобрення буряка цукрового саме в умовах короткоротаційної сівозміни;
- адаптації системи удобрення до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу 2025 року;
- поєднанні агрохімічної, економічної та енергетичної оцінки досліджуваних технологічних рішень.

Результати досліджень можуть бути використані:

- у виробничій діяльності ТОВ Агрофірма «Левада»;
- при розробці технологічних карт вирощування буряка цукрового;
- у навчальному процесі факультету агрономії.

Матеріали магістерської роботи апробовані на науково-практичних семінарах кафедри агрохімії і грунтознавства Уманського НУ.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОБРЕННЯ БУРЯКА ЦУКРОВОГО В СІВОЗМІНАХ

(огляд літератури)

1.1. Вплив систем удобрення на агрохімічні показники ґрунту в умовах сівозміни

Агрохімічний стан ґрунту є визначальним чинником формування врожайності сільськогосподарських культур і стабільності агровиробництва загалом. За даними національної доповіді про стан родючості ґрунтів України, в більшості регіонів спостерігається від'ємний баланс гумусу та поживних речовин, що є наслідком скорочення обсягів внесення органічних добрив і порушення структури сівозмін [5].

Матеріали десятого туру агрохімічного обстеження ґрунтів свідчать, що значна частина орних земель характеризується середнім і низьким рівнем забезпеченості рухомими формами фосфору та калію, що особливо небезпечно для культур з високим рівнем винесення поживних речовин, до яких належить буряк цукровий [6].

Систематичні спостереження за станом ґрунтового покриву України підтверджують, що тривале інтенсивне землекористування без науково обґрунтованої системи удобрення призводить до деградаційних процесів, зниження вмісту гумусу, ущільнення орного шару та погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів [7].

Дослідження фізичної деградації орних ґрунтів показують, що внаслідок інтенсифікації землеробства та значної частки просапних культур у сівозмінах відбувається руйнування структури ґрунту, зменшення водостійких агрегатів і зниження пористості [8]. Це негативно впливає на водний режим та доступність елементів живлення для рослин буряка цукрового.

Сучасні наукові узагальнення свідчать, що сталий розвиток землеробства неможливий без упровадження науково обґрунтованих систем управління ґрунтовими ресурсами, які передбачають поєднання мінеральних, органічних і біологічних чинників підвищення родючості [9, 10].

Важливу роль у стабілізації агрохімічного стану ґрунтів відіграє система ґрунтозахисного землеробства, яка передбачає раціональне чергування культур у сівозміні, мінімізацію механічного обробітку та оптимізацію системи удобрення [11]. Застосування таких підходів дає змогу зменшити темпи деградації ґрунтів і підвищити ефективність використання поживних речовин.

Агроекологічні дослідження окремих регіонів України підтверджують, що інтенсивне використання мінеральних добрив без урахування екологічних обмежень може призводити до забруднення ґрунтів і ґрунтових вод, особливо сполуками азоту та важкими металами [12].

Значний науковий інтерес становлять дослідження впливу кліматичних змін на процеси деградації ґрунтів. Встановлено, що підвищення температури повітря та нерівномірність випадіння опадів посилюють мінералізацію гумусу, прискорюють ерозійні процеси та погіршують агрохімічні показники орного шару [13].

З метою збереження та відтворення родючості ґрунтів в умовах інтенсивного землеробства особливої актуальності набуває раціональне поєднання мінеральних і органічних добрив, що сприяє стабілізації поживного режиму, поліпшенню структури ґрунту та підвищенню його біологічної активності [14].

Світовий досвід також підтверджує, що сталий менеджмент ґрунтів можливий лише за дотримання принципу балансу поживних речовин, зменшення деградаційних процесів і адаптації систем удобрення до змін клімату [15].

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить, що агрохімічний стан ґрунтів у бурякосійних сівозмінах є динамічним показником, який значною мірою залежить від структури сівозміни, рівня інтенсифікації землеробства та ефективності системи удобрення. Забезпечення стабільної родючості ґрунтів можливе лише за умови впровадження науково обґрунтованих органо-мінеральних систем удобрення та ґрунтозахисних агротехнологій.

1.2. Винесення поживних речовин буряком цукровим та його реакція на елементи мінерального живлення

Буряк цукровий належить до культур із високою інтенсивністю винесення поживних речовин, що зумовлено значною біомасою рослин і високою врожайністю коренеплодів. За даними В. І. Гамалія, на формування 1 т коренеплодів і відповідної кількості гички буряк цукровий у середньому виносить 4,5–6,0 кг азоту, 1,5–2,0 кг фосфору та 5,5–7,5 кг калію [16].

Результати виробничих і наукових досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН підтверджують, що інтенсивність винесення елементів живлення різко зростає у другій половині вегетації, у період активного росту коренеплодів та накопичення сухої речовини [17].

Методичні підходи до вивчення реакції буряка цукрового на мінеральне живлення ґрунту базуються на класичних принципах польового досліду, згідно з якими ключовим є встановлення дії кожного елемента живлення та їх поєднань [18]. Агрохімічні закономірності засвоєння поживних речовин рослинами буряка цукрового ґрунтуються на балансі між надходженням і винесенням елементів живлення [19].

Умови Лісостепу України характеризуються високою чутливістю буряка цукрового до рівня мінерального живлення, що підтверджено дослідженнями А. Т. Мартинюка та О. Д. Черно, які встановили істотний вплив норм добрив на врожайність і цукристість коренеплодів [20].

За даними В. В. Лихочвора та В. Ф. Петриченка, реалізація потенціалу врожайності буряка цукрового можлива лише за оптимального поєднання азотного, фосфорного і калійного живлення, що особливо важливо для короткоротаційних сівозмін [21].

Дослідження О. І. Цилюрика показали, що в умовах Степу та Лісостепу ефективність азотного живлення значною мірою залежить від вологозабезпечення**,** а коефіцієнт використання азоту з добрив знижується у посушливі роки [22].

Вітчизняними дослідженнями встановлено, що надлишкове азотне живлення призводить до зниження цукристості коренеплодів і збільшення вмісту нецукрів, що негативно впливає на технологічні якості сировини [23].

Формування продуктивності буряка цукрового істотно залежить від рівня фосфорного живлення. За даними І. В. Бойка, застосування фосфорних добрив сприяє підвищенню врожайності на 8–15 % та збільшенню збору цукру [24].

Згідно з узагальненнями A. P. Draycott, калій відіграє ключову роль у транспортуванні вуглеводів із листків до коренеплодів та накопиченні сахарози, а його дефіцит різко знижує цукристість буряка [25].

Зарубіжні дослідження C. M. Hoffmann і S. Kluge-Severin підтверджують, що реакція буряка цукрового на азот має чітко окреслений оптимум, перевищення якого знижує технологічну якість урожаю [26].

Монографічні узагальнення G. F. J. Milford та D. J. Watson свідчать, що збалансоване мінеральне живлення є основною передумовою стабільного формування врожаю буряка цукрового [27].

Дослідження D. Bloch, C. M. Hoffmann та B. Märländer довели, що якість коренеплодів значною мірою визначається рівнем калійного живлення, яке впливає на вміст сахарози та нецукрів [28, 29].

За даними FAO щодо використання добрив в Україні, буряк цукровий належить до культур із найвищими нормами винесення калію, що вимагає системного відшкодування цього елемента в ґрунті [30].

Дослідження польських учених P. Barłóg та W. Grzebisz підтверджують, що збалансування NPK є вирішальним чинником підвищення врожайності та цукристості буряка [31].

Встановлено, що ефективність азотного живлення буряка істотно залежить від рівня біологічної фіксації азоту та співвідношення мінерального азоту в ґрунті, про що свідчать дані F. Salvagiotti та співавторів [32].

Біологічні особливості сучасних гібридів буряка цукрового обумовлюють їх підвищену реакцію на оптимізацію системи мінерального живлення**,** що підтверджено дослідженнями В. В. Кириченка та С. С. Рябухи [33].

Окремі дослідження також доводять, що калійні добрива позитивно впливають не лише на врожайність, а й на технологічні показники коренеплодів**,** зокрема цукристість і втрати цукру при переробці [34].

1.3. Особливості удобрення буряка цукрового в умовах короткоротаційної сівозміни Правобережного Лісостепу

Короткоротаційні сівозміни, які широко застосовуються у сучасних агропідприємствах Правобережного Лісостепу, характеризуються підвищеним антропогенним навантаженням на ґрунт, що зумовлено великою часткою просапних культур, інтенсивним обробітком і високими дозами мінеральних добрив [5, 11]. За таких умов система удобрення буряка цукрового повинна не лише забезпечувати формування високої врожайності, а й підтримувати стабільну родючість ґрунту.

За даними національних доповідей про стан ґрунтових ресурсів України, у зоні Правобережного Лісостепу спостерігається поступове зниження вмісту гумусу та рухомих форм калію, що особливо проявляється в бурякосійних сівозмінах із короткою ротацією [5, 6]. Це зумовлює необхідність поєднання мінеральної та органічної складових системи удобрення**.**

Дослідженнями доведено, що органо-мінеральні системи удобрення сприяють:

- стабілізації реакції ґрунтового розчину;
- підвищенню ємності катіонного обміну;
- поліпшенню структури ґрунту та його водно-фізичних властивостей [7, 9, 14].

У короткоротаційних сівозмінах ефективність удобрення буряка цукрового значною мірою залежить від попередника. Найкращими попередниками є озима пшениця, зернобобові культури та кукурудза на силос, після яких у ґрунті зберігається достатня кількість доступного азоту та оптимальні умови для мінералізації органічної речовини [20, 21].

За даними В. В. Лихочвора та В. Ф. Петриченка, реакція буряка цукрового на мінеральні добрива істотно зростає після зернобобових попередників, що зумовлено біологічною фіксацією азоту та накопиченням органічних решток у ґрунті [21].

В умовах короткої ротації значно посилюється роль строків і способів внесення мінеральних добрив**.** Дослідженнями встановлено, що:

- фосфорно-калійні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту;
- азотні – диференційовано: частину під основне внесення, решту – у підживлення впродовж вегетації [16, 17, 20].

Особливого значення набуває локальне внесення фосфору у зоні розміщення кореневої системи, що сприяє кращому стартовому росту рослин, розвитку коренеплоду та підвищенню коефіцієнта використання поживних речовин із добрив [24, 25].

Калійне живлення в умовах Правобережного Лісостепу є одним із визначальних чинників формування технологічної якості коренеплодів. За дефіциту калію зростає вміст нецукрів (α-амінного азоту, калію та натрію), що призводить до зниження виходу цукру [25, 28, 34].

Встановлено, що в короткоротаційних сівозмінах післядія калійних і фосфорних добрив має вирішальне значення**,** оскільки дає змогу регулювати поживний режим ґрунту не лише під буряк цукровий, а й під наступні культури сівозміни [17, 30].

Ефективність удобрення буряка цукрового суттєво залежить від кліматичних умов року. За даними FAO, у роки з достатнім вологозабезпеченням коефіцієнт використання елементів живлення зростає на 15–25 %, тоді як у посушливі роки ефективність мінеральних добрив істотно знижується [30].

Зарубіжні дослідження також підтверджують, що в умовах періодичного дефіциту вологи оптимізація удобрення повинна поєднуватися з

ресурсозберігаючими технологіями обробітку ґрунту, які сприяють накопиченню та збереженню ґрунтової вологи [27, 29, 31].

Сучасні гібриди буряка цукрового характеризуються підвищеною реакцією на інтенсифікацію мінерального живлення, що потребує точного дотримання оптимальних норм добрив з урахуванням рівня забезпеченості ґрунту поживними речовинами та агрокліматичних умов [33].

Таким чином, у короткоротаційних сівозмінах Правобережного Лісостепу ефективність удобрення буряка цукрового визначається поєднанням таких чинників:

- рівнем забезпеченості ґрунту N, P і K;
- попередником у сівозміні;
- співвідношенням органічних і мінеральних добрив;
- строками та способами їх внесення;
- кліматичними умовами року.

Комплексний облік зазначених чинників дає змогу забезпечити високу продуктивність буряка цукрового, стабільний збір цукру та збереження родючості ґрунтів у короткоротаційних сівозмінах.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ботанічна і біологічна характеристика буряка цукрового

Цукрові буряки (Beta vulgaris S.V. Saccharifera) належать до класу дводольних родини лободових (Chenopodiaceae). Рід Beta об’єднує 14 диких і один культурний вид [49].

Коренева система складається з потовщеного конусоподібного головного кореня і густої сітки тонких кореневих розгалужень, які відходять від головного кореня і проникають на глибину 2,5 м, а в ширину 100–120 см.

В свою чергу головний корінь складається з головки (укорочене стебло), на якій протягом вегетації розміщуються від 50 до 90 листків; шийки (гіпокотиль, підсім’ядольне коліно); власне кореня, на якому утворюються бічні корінці.

Листки у цукрових буряків великі, суцільні, черешкові, які стеляться або стирчать, пластинки їх округлі або серцеподібні, гладенькі чи гофровані.

Квітки буряків розміщені у пазухах листків у вигляді волотей. Квітки буряків п’ятірного типу зеленкуваті з трьохлопатевою приймочкою. Однонасінні плоди містять один горішок. Зародок насінини, який скручений майже кільцем навколо перисперму, складається з двох сім’ядоль, брунечки між ними, підсім’ядольного коліна і зародкового корінця.

Цукрові буряки – дворічна перехреснозапильна рослина. У перший рік з насіння виростає потовщений коренеплід із запасом поживних речовин та розеткою прикореневих листків. Тривалість вегетаційного періоду у різних зонах бурякосіяння від 120–140 до 180–200 днів. На другий рік у висаджених у ґрунт коренеплодів із сплячих бруньок відростають листки і з’являються гіллясті високі (1,5 м і більше) стебла з квітками. Від висаджування коренеплодів до дозрівання насіння минає 100–125 днів.

Плід-горішок з товстим навколоплідником з пористої дерев'янистої тканини. Насінина дрібна, бурого кольору, міститься у здерев'янілому квітколожі плода. Зверху насінина вкрита добре помітною оболонкою.

Відношення цукрових буряків до основних умов життя: вологи, тепла, світла, вмісту поживних речовин у ґрунті обумовлене їх біологічними особливостями.

При проростанні насіння вбирає воду і бубнявіє. У ньому активізуються ферменти, за допомогою яких запасні білки, жири та вуглеводи перетворюються на амінокислоти, цукор та інші речовини, необхідні для життєдіяльності рослини. Проростаюче насіння енергійно дихає, тому в цей час треба забезпечити вільне надходження повітря в ґрунт. Під час проростання насіння першими починають рости і з'являються корінець і підсім'ядольне коліно. Потім на поверхню ґрунту виходять сім'ядолі, які зеленіють і виконують роль органів фотосинтезу в початковий період росту (фаза "вилочки"). Розміри сім'ядоль 2–3 $см^2$. Ушкодження сім'ядоль істотно знижує майбутній врожай, тому дуже важливо вчасно захистити молоді рослини від шкідників і хвороб.

Насіння починає проростати при температурі ґрунту 4–5^{0}С, але більш життєздатні сходи з'являються при 6 –7^{0}С.

Фаза сім'ядоль триває 6–8 днів, а потім з центральної бруньки виростають справжні листки. На початку літа кожний листок з'являється через 2–3, а в середині – через 1–2 дні. За вегетацію рослина утворює 50–60 і більше листків загальною площею в липні – серпні 50–60 тис. $м^2$/га. Найбільш інтенсивно листки ростуть у другій половині липня і в серпні. На час збирання частка листків становить 40–60% і більше від маси коренеплоду.

Фотосинтез та ріст буряків найкраще відбуваються при температурі 20–22^{0}С, але активний ріст і нагромадження цукру тривають до зниження температур восени до рівня нижче 6 ^{0}С. Сума активних температур у різних районах бурякосіяння для культури становить 1800 – 3000 ^{0}С.

Цукрові буряки – рослина довгого дня, вибаглива до світла. Необхідна для них сумарна сонячна радіація становить до 3 тис., а ФАР – до 1,1–1,3 мДж/м^2. Цукристість коренеплодів значною мірою залежить від кількості сонячних днів у серпні – на початку вересня.

Цукрові буряки вибагливі до вологи і водночас є посухостійкими. На формування 1 ц коренеплодів і відповідної кількості листя при урожайності 400 – 500 ц/га буряки використовують 3200 – 4000 м^3/га води. Найбільше води буряки потребують в період посиленого росту (липень – серпень). Оптимальна вологість ґрунту для них 65–70% НВ. Незначне зниження врожаю цукрових буряків у роки з недостатньою кількістю опадів пояснюється тим, що коренева система їх глибоко проникає в ґрунт, а також тривалим періодом вегетації і здатністю використовувати пізньо-літні опади. Транспіраційний коефіцієнт у цукрових буряків коливається в межах 240 – 400.

Цукрові буряки потребують великої кількості поживних речовин. У середньому на 1 т коренеплодів і відповідну кількість гички вони виносять з ґрунту 5–6 кг азоту, 1,5–2 кг фосфору і 6–7,5 кг калію, а також значну кількість інших макро – та мікроелементів.

Найкращими для цукрових буряків є структурні чорноземи та суглинкові ґрунти з нейтральною або близькою до неї реакцією (pH 6,5–7,5). Витривалі до засоленості ґрунтів. Оптимальна щільність орного шару для них становить 1,0 – 1,2 г/см^3.

Підвищенню продуктивності фотосинтезу сприяють агротехнічні заходи щодо збільшення вмісту вуглекислоти в повітрі (внесення гною в першу чергу), підвищення температури, мінерального живлення й вологості ґрунту. Основним є створення оптимальної асиміляційної листкової поверхні посіву за рахунок збільшення кількості листя, поліпшення його оптичних властивостей і безперервного функціонування. Цьому сприяють ранні строки сівби, оптимальна густота посівів, рівномірність розміщення рослин, обґрунтовані пізні строки збирання врожаю.

2.2. Характеристика гібриду Панда

Гібрид Панда виведений насіннєвою компанією СЕС ВандерХаве (Бельгія). Цукровий буряк ПАНДА – високоврожайний сорт із відмінною адаптивністю. Вирізняється стабільною цукристістю буряка та хорошою стійкістю до хвороб. Має високий рівень посухостійкості, що робить його придатним для вирощування в різних кліматичних умовах. Гібрид буряка ПАНДА забезпечує високий вміст сухих речовин, що сприяє ефективній переробці. Ідеальний вибір для фермерів, які прагнуть отримати якісний врожай.

Переваги сорту ПАНДА: висока врожайність, стабільна цукристість буряка, стійкість до хвороб та стресових факторів, відмінна посухостійкість, рівномірне дозрівання коренеплодів.

Диплоїд Z/NZ-типу (цукристий, нормально-цукристий) рекомендується для ранніх та середніх строків збирання зареєстрований у Франції, Туреччині, Україні

Характеристики та властивості цукрового буряка ПАНДА

- високопродуктивний по масі коренеплоду та цукру
- має дуже добру лежкість у кагатах
- толерантний до збудників кореневих гнилей
- має високу стійкість до церкоспорозу,борошнистої роси, ризоманії
- має середню стійкість до рамуляріозу
- стійкий до стеблування
- має високу оцінку цукроварів
- висока врожайність – до 70 т/га
- цукристість – 16–18 %
- середній період вегетації – 180 днів
- добре адаптується до кліматичних змін

Гібрид буряка ПАНДА відзначається високим коефіцієнтом поглинання поживних речовин та здатністю протистояти патогенам. Завдяки генетичним особливостям забезпечує рівномірний ріст та розвиток навіть за стресових умов.

- Рекомендована норма висіву: 100 000–120 000 насінин/га
- Рекомендована глибина висіву: 2–3 см
- Оптимальна температура проростання: +8…+12°C [35].

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Ґрунтові умови

Дослідження з вивчення ефективності удобрення буряка цукрового в короткоротаційній сівозміні проводилися у 2024-2025 роках на базі ТОВ Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області, яке розташоване в зоні Правобережного Лісостепу України.

Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, технічних і кормових культур, серед яких провідне місце займають пшениця озима, кукурудза на зерно, соняшник і буряк цукровий**.** Рівень інтенсифікації землеробства в господарстві є достатньо високим, із широким використанням мінеральних добрив і сучасної ґрунтообробної техніки.

Орні землі ТОВ Агрофірма «Левада» представлені переважно чорноземами типовими та чорноземами опідзоленими, середньо- та важкосуглинкового гранулометричного складу. Для цих ґрунтів характерні:

- вміст гумусу — 3,2–3,8 %**;**
- реакція ґрунтового розчину — слабокисла – нейтральна (pH 6,2–7,0);
- вміст рухомого фосфору — 140–190 мг/кг ґрунту;
- вміст обмінного калію — 110–160 мг/кг ґрунту.

Такі показники характеризують ґрунти як середньо та добре забезпечені основними елементами живлення, що створює сприятливі умови для вирощування буряка цукрового за умови раціональної системи удобрення.

Орний шар ґрунту має потужність 28–32 см, відзначається доброю структурністю, високою водопроникністю та достатньою ємністю вологи. Разом із тим, за умов інтенсивного землеробства та короткоротаційної сівозміни спостерігається тенденція до поступового зниження запасів гумусу та калію, що й зумовлює актуальність досліджень.

3.2. Погодні умови

Аналіз погодних умов вирощування буряка цукрового проведено на основі даних метеорологічних спостережень Київської області, а також багаторічних кліматичних норм за період 1995–2025 рр. Білоцерківський район характеризується помірно континентальним кліматом із середньорічною сумою опадів близько 580–590 мм, що загалом є сприятливим для вирощування буряка цукрового за умови рівномірного розподілу вологи протягом вегетації.

Температурний режим у 2024 році вирізнявся підвищеним тепловим фоном**.** Січень був дещо теплішим за норму, а лютий — істотно теплішим (на +4…+5 °C), що сприяло ранньому відтаюванню ґрунту. Весняні місяці (березень–травень) також перевищували середньобагаторічні показники на 1,5–3,5 °C, що створювало сприятливі умови для ранніх строків сівби буряка цукрового та швидкої появи сходів. Літній період характеризувався високими температурами (на 2–3 °C вище норми), що посилювало інтенсивність транспірації та ризик вологодефіциту, особливо у фазу активного наростання листкової поверхні. Осінній період відзначався поступовим, але різким зниженням температур у жовтні, що вплинуло на завершення вегетації та строки збирання коренеплодів.

У лютому 2025 року зафіксовано різке зниження температури до –3,9 °C, що було нижче багаторічної норми та показників 2024 року. Весняний період характеризувався нестійким температурним режимом: квітень і травень були суттєво теплішими за середні показники, тоді як березень і червень коливалися в межах кліматичної норми. Такі умови загалом сприяли дружнім сходам і початковому росту буряка цукрового. Літній сезон 2025 року був більш помірним за температурним режимом порівняно з 2024 роком, без різко виражених піків спеки. У серпні температура відповідала або незначно перевищувала середні багаторічні значення, що було сприятливим для накопичення цукру в коренеплодах.

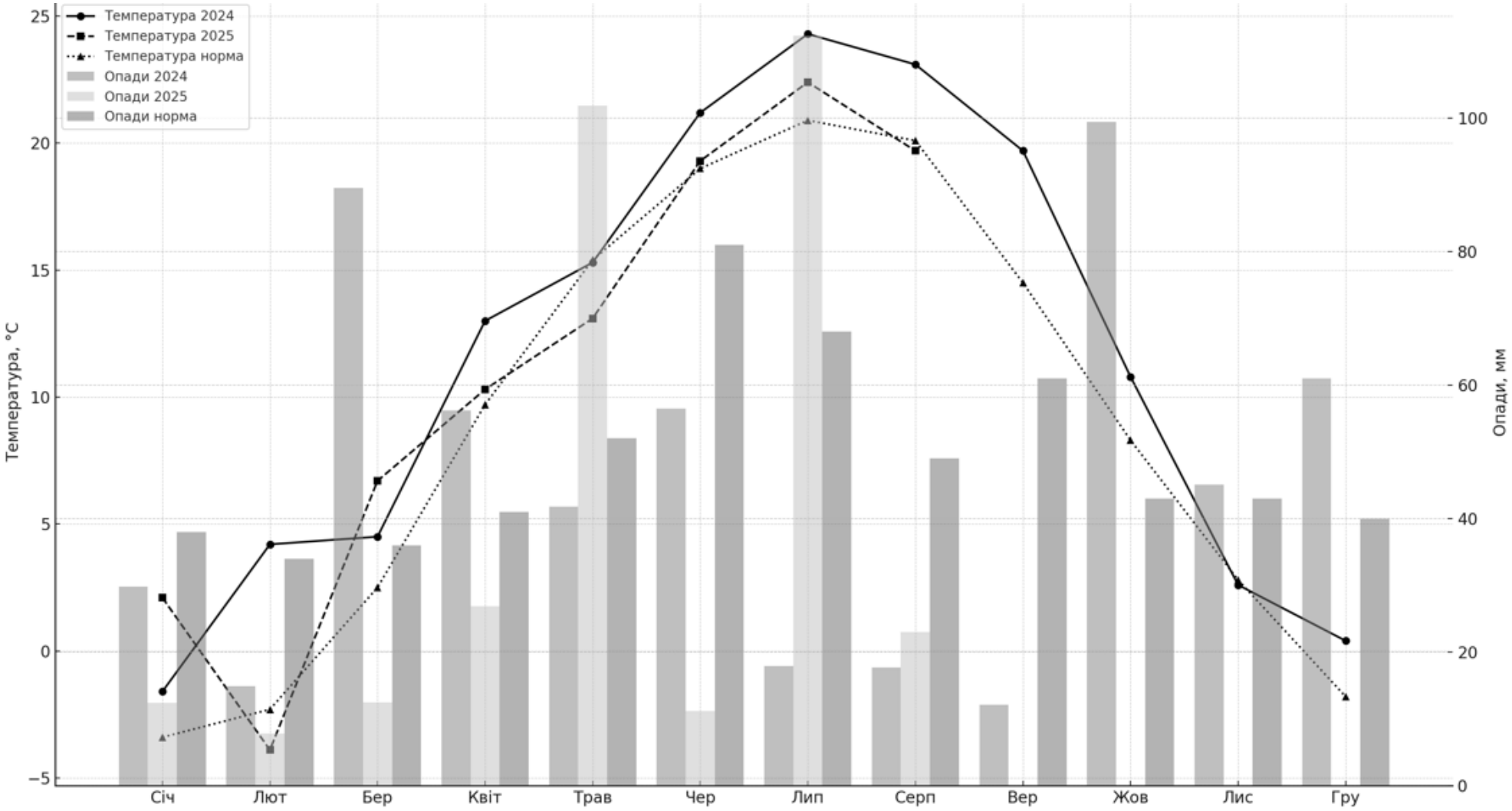


Рис. 1 Середня сума опадів і температура повітря за даними метеопосту ТОВ Агрофірма «Левада» (2024-2025 рр.)

Зимово-весняний період 2025 року виявився надзвичайно посушливим, коли впродовж січня–березня випало менше 15 мм опадів, що спричинило зниження запасів продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетації. У травні спостерігався різкий надлишок опадів **(**101,8 мм), що створило сприятливі умови для активного росту листкової поверхні буряка цукрового. Натомість червень був різко сухим **(**11,2 мм), що могло негативно вплинути на формування коренеплоду в фазу інтенсивного росту. Липень 2025 року був найвологішим за весь період спостережень (112,3 мм опадів), що покращило водний режим ґрунту, але водночас підвищило ризик ураження рослин хворобами.

Загалом 2025 рік характеризувався нестабільністю, поєднанням ранньої весняної посухи та надмірного зволоження в середині літа. Для буряка цукрового найбільш критичним був червень 2025 року, коли дефіцит опадів (<60 % кліматичної норми) збігся з фазою активного росту коренеплодів.

Окрім цього, у квітні–травні 2025 року спостерігалися весняні заморозки, які могли негативно вплинути на ранні сходи буряка цукрового та їх подальшу життєздатність. Водночас надмірні липневі опади могли сприяти розвитку грибних захворювань та ускладнювати фітосанітарний стан посівів.

Отже, за умови сприятливих ґрунтових умов і раціональної системи удобрення, 2025 рік загалом не був екстремально несприятливим для вирощування буряка цукрового. Водночас посушливий червень 2025 року слід вважати важливим лімітуючим фактором, який необхідно враховувати при аналізі врожайності, цукристості коренеплодів та ефективності системи удобрення.

3.3. Схема досліду

Досліди з вивчення ефективності застосування різних норм мінеральних добрив під цукрові буряки закладали за схемою, що рекомендована кафедрою агрохімії та ґрунтознавства Уманського НУ, з метою перевірки у виробничих умовах результатів, одержаних кафедрою в стаціонарному досліді.

Для закладання досліду використовували аміачну селітру, суперфосфат гранульований, хлористий калій. Добрива вносили під основний обробіток ґрунту. Схема досліду включала п’ять варіантів і наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Схема досліду з удобренням цукрових буряків

№ варіанта	Варіант досліду	Строки внесення добрив	
		Основне	Припосівне
1	Без добрив (контроль)	-	-
2	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{35}P_{35}K_{35}$	$N_{10}P_{10}K_{10}$
3	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{80}P_{80}K_{80}$	$N_{10}P_{10}K_{10}$
4	$N_{135}P_{135}K_{135}$	$N_{125}P_{125}K_{125}$	$N_{10}P_{10}K_{10}$
5	$N_{180}P_{180}K_{180}$	$N_{170}P_{170}K_{170}$	$N_{10}P_{10}K_{10}$

Всі варіанти закладалися у трьох повторностях. Варіанти розміщені рендомізованим методом, повторності – послідовно. Розмір ділянок: загальний – 100 м^2, обліковий – 54 м^2.

Схема розміщення варіантів у досліді та розміри ділянок наведені нижче на рисунках 2 і 3.

Перша повторність	Друга повторність	Третя повторність
5	3	2
2	4	1
3	5	4
1	2	5
4	1	3

Рис. 2. Розміщення варіантів у досліді

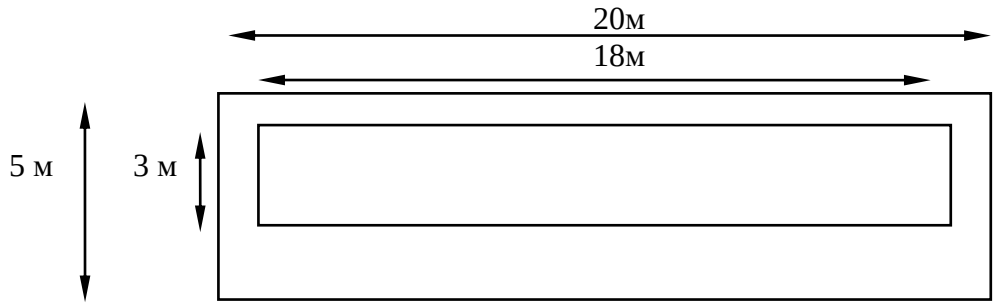


Рис. 3 Схема та розміри ділянок досліду

3.4. Агротехніка вирощування буряка цукрового у досліді

У досліді цукрові буряки вирощувалися після пшениці озимої, попередником якої був соняшник.

Основний обробіток ґрунту проводили поліпшеним способом. Він включав дворазове лущення стерні і глибоку зяблеву оранку. Зразу ж після збирання озимої пшениці перше лущення стерні проводили дисковим лущильником у два сліди на глибину 5–6 см, друге – через два тижні лемішним лущильником, в посушливу погоду в агрегаті з кільчато-шпоровими котками ЗККШ-6 на глибину 12–14 см.

Після внесення основного удобрення проводили зяблеву оранку на глибину 30 – 32 см на початку жовтня плугом.

Ранньовесняний обробіток ґрунту розпочинався з вирівнювання поверхні ґрунту боронами одночасно з шлейф-боронами 3БЗСС-1+ШБ-2,5 за допомогою зчіпки С-11У.

Передпосівний обробіток грунту є складовою частиною єдиного технологічного процесу сівби цукрових буряків. Для передпосівного обробітку ґрунту використовували Компактомат, сівбу проводили при прогріванні ґрунту до 6–8 ^{0}С на глибині 6–7 см сівалкою Моносем. Сіяли буряки цукрові на глибину 3–4 см, після чого проводили коткування посівів котками ЗККШ–6.

Хімічний захист буряків цукрових проводили згідно загально прийнятих рекомендацій ТОВ «Фірма Ерідон»: бур'яни у посівах контролювали шляхом застосування досходових гербіцидів ґрунтової дії і страхових гербіцидів які дозволяють контролювати 2 і 3 хвилі бур'янів. Також впродовж вегетації проводили фунгіцидний та інсектицидний захист. Облік врожаю на дослідних ділянках проводили вручну, після викопування 30 рослин, з послідуючим зважуванням коренеплодів і гички з облікових ділянок одночасно із збиранням врожаю відбирали зразки з кожної ділянки по діагоналі для аналізу на технологічні якості, які виконували в Інституті коренеплідних культур [35].

3.5. Методика проведення досліджень

Основною метою проведених досліджень було визначити вплив різних норм повного мінерального добрива на продуктивність буряків цукрових, дати всебічну оцінку їх ефективності та встановити норму добрив, що найкраще окуповується приростом врожайності, цукру, додатковим чистим доходом та енергією, що акумульована в прирості врожаю.

Методика досліджень була загальноприйнятою для агрохімічних досліджень [36, 37].

Добрива в дослідах вносили під глибоку оранку вручну згідно зі схемою, вміщеною в таблиці 1.

Добрива використовували у формі 34%-ої аміачної селітри, 20%-го гранульованого суперфосфату та 60%-ого хлористого калію, в рядки при посіві вносили нітроамофоску 16 : 16 : 16 по 0,65 ц/га одночасно з посівом цукрових буряків на всій площі у господарстві.

Вміст рухомих форм фосфору і калію в ґрунті визначали за Чиріковим в одній наважці, відповідно на фотоколориметрі і полум'яному фотометрі, нітратного азоту в орному шарі – потенціометрично з використанням іонселективного електроду.

Масу 100 рослин, відібраних на захисних смугах ділянок перед формуванням густоти на кожній ділянці в трьох повтореннях – зважуванням на терезах ВЛТК-500.

Облік урожаю проводили методом суцільного збирання на кожній обліковій ділянці всіх повторень з одночасним зважуванням гички, коренеплодів та послідуючим перерахунком на гектар посіву.

Для визначення цукристості коренеплодів відбирали по 40 коренів з кожної облікової ділянки другого повторення, в 30 з яких визначали цукристість методом холодної дигестії в трьох повтореннях в лабораторії.

Математичну обробку даних урожайності коренеплодів проводили за методом дисперсійного аналізу на ЕОМ, результати якої наведені в додатках А і Б.

Економічну ефективність застосування різних норм добрив під цукрові буряки визначали розрахунковим методом за нормативною технологічною картою, вміщеною в додатку В. В основу розрахунків покладені ціни на сільськогосподарську продукцію і добрива, що склалися на біржовому ринку України в 2025 р. Ціна реалізації продукції розрахована відповідно до цукристості коренеплодів з базисної ціни на стандартну цукристість.

Написання та оформлення кваліфікаційної роботи здійснено відповідно до Вимог до написання та оформлення магістерських робіт, виконаних на базі експериментальних досліджень [38].

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вміст нітратного азоту в грунті за різних норм мінеральних добрив

Важливим показником ефективності азотного живлення буряка цукрового є вміст нітратного азоту в ґрунті, який безпосередньо визначає інтенсивність ростових процесів, формування листкового апарату та продуктивність культури. У зв'язку з цим було проведено оцінку впливу різних норм мінеральних добрив на вміст нітратного азоту в чорноземі реградованому за 2024–2025 роки, результати якої наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст нітратного азоту в чорноземі реградованому за різних норм мінеральних добрив, мг/кг ґрунту

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	Середній за два роки
1. Без добрив (контроль)	7,4	6,8	7,2
2. $N_{45}P_{45}K_{45}$	8,7	8,0	8,3
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	12,5	12,4	12,4
4. $N_{135}P_{135}K_{135}$	16,4	15,5	16,0
5. $N_{180}P_{180}K_{180}$	18,5	17,4	18,1

На контрольному варіанті без внесення добрив вміст нітратного азоту був найменшим і становив 7,4 мг/кг ґрунту у 2024 році та 6,8 мг/кг у 2025 році, що в середньому за два роки дорівнює 7,2 мг/кг. Такі показники свідчать про природний фон мінерального азоту чорнозему реградованого, який формується за рахунок мінералізації органічної речовини ґрунту. Водночас цього рівня

забезпеченості азотом явно недостатньо для формування високої продуктивності буряка цукрового, що підтверджує необхідність застосування азотних добрив.

Внесення мінімальної дози мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ спричинило помірне підвищення вмісту нітратного азоту до 8,7 мг/кг у 2024 році та 8,0 мг/кг у 2025 році, а середній показник за два роки становив 8,3 мг/кг. Приріст порівняно з контролем склав 1,1 мг/кг, або близько 15 %, що свідчить про відносно слабку, але стабільну реакцію ґрунту на внесення невисоких доз мінеральних добрив. Такий рівень нітратного азоту можна оцінити як низький – нижче середнього для вимог буряка цукрового.

Істотне зростання вмісту нітратного азоту спостерігалося на варіанті з внесенням $N_{90}P_{90}K_{90}$. У 2024 році показник досяг 12,5 мг/кг, а у 2025 році – 12,4 мг/кг, що практично не відрізняється між роками. Середнє значення за два роки становило 12,4 мг/кг, що на 5,2 мг/кг, або більш ніж на 72 %, перевищує контроль. Це свідчить про перехід ґрунту в категорію середньої забезпеченості нітратним азотом, яка вже здатна забезпечувати інтенсивний ріст буряка цукрового на початкових та середніх етапах органогенезу.

Подальше підвищення дози мінеральних добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ супроводжувалося різким зростанням концентрації нітратного азоту: до 16,4 мг/кг у 2024 році та 15,5 мг/кг у 2025 році, при середньому значенні 16,0 мг/кг. Порівняно з варіантом $N_{90}P_{90}K_{90}$ приріст склав 3,6 мг/кг, або майже 29 %. Такий рівень нітратного азоту відповідає підвищеній забезпеченості ґрунту азотом, що створює сприятливі умови для активного формування листкової поверхні буряка та інтенсивного росту коренеплодів.

Найвищий вміст нітратного азоту зафіксовано у варіанті з максимальною дозою добрив $N_{180}P_{180}K_{180}$. У 2024 році показник становив 18,5 мг/кг, у 2025 році – 17,4 мг/кг, а середнє за два роки – 18,1 мг/кг. Порівняно з контролем вміст нітратного азоту зріс більш ніж у 2,5 раза, що однозначно свідчить про високу інтенсивність азотного живлення. Такий рівень забезпеченості азотом

сприятливий для формування максимальної біомаси рослин, однак водночас підвищує ризик надмірного нагромадження нецукрів у коренеплодах, що може негативно впливати на технологічну якість сировини.

Порівняння показників за роками досліджень свідчить, що у 2025 році вміст нітратного азоту був дещо нижчим на всіх варіантах, ніж у 2024 році. Це чітко простежується як на контролі (–0,6 мг/кг), так і на удобрених варіантах (зниження в межах 0,7–1,1 мг/кг). Таку тенденцію можна пояснити посушливими умовами весняно-літнього періоду 2025 року, особливо в червні, що зменшувало інтенсивність мінералізації органічної речовини та рухливість нітратів у ґрунті.

Загалом отримані дані підтверджують чітко виражену позитивну залежність між нормою внесених мінеральних добрив і вмістом нітратного азоту в ґрунті. Зі зростанням доз NPK відбувалося майже лінійне підвищення концентрації нітратного азоту, що свідчить про високу чутливість чорнозему реградованого до азотного удобрення.

З позицій агрономічної ефективності найбільш збалансованим можна вважати варіант $N_{90}P_{90}K_{90}$ – $N_{135}P_{135}K_{135}$, оскільки саме в цьому інтервалі формується оптимальний рівень нітратного азоту (12,4–16,0 мг/кг), достатній для забезпечення високої продуктивності буряка цукрового без істотного ризику погіршення технологічних показників коренеплодів. Водночас застосування максимальної дози $N_{180}P_{180}K_{180}$ доцільне лише за умов високого рівня вологозабезпечення та чіткого контролю за якістю продукції.

Отже, результати, наведені в таблиці 2, переконливо доводять, що система мінерального удобрення є вирішальним чинником формування азотного режиму чорнозему реградованого, а оптимізація доз добрив має ключове значення для поєднання високої врожайності буряка цукрового з належною якістю коренеплодів.

4.2. Вміст рухомого фосфору в грунті за різних норм мінеральних добрив

Фосфор є одним із провідних елементів мінерального живлення буряка цукрового, який визначає інтенсивність росту кореневої системи, енергетичний обмін у рослинах та формування врожаю і цукристості коренеплодів [22]. У зв'язку з цим важливим є вивчення впливу різних норм мінеральних добрив на вміст рухомого фосфору в ґрунті, що і відображено в таблиці 3.

Таблиця 3

Вміст рухомого фосфору у ґрунті за різних норм мінеральних добрив, мг/кг ґрунту

Варіант	2024 р.	2025 р.	Середній за два роки
1. Без добрив (контроль)	112	114	113
2. $N_{45}P_{45}K_{45}$	117	122	118
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	120	128	124
4. $N_{135}P_{135}K_{135}$	132	136	134
5. $N_{180}P_{180}K_{180}$	137	143	140

На контрольному варіанті без добрив вміст рухомого фосфору становив 112–114 мг/кг, у середньому 113 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості ґрунту фосфором. Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило його зростання до 118 мг/кг, що на 5 мг/кг (4,4 %) більше, ніж на контролі.

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середній вміст фосфору зріс до 124 мг/кг, що на 11 мг/кг, або майже на 10 %, перевищувало контроль. Це свідчить про перехід ґрунту до категорії доброго фосфорного забезпечення. Подальше підвищення

норми добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ зумовило зростання показника до 134 мг/кг, що підтверджує накопичувальний ефект фосфорних добрив.

Найвищий вміст рухомого фосфору зафіксовано на варіанті $N_{180}P_{180}K_{180}$ – 140 мг/кг, що на 27 мг/кг (24 %) більше порівняно з контролем і характеризує ґрунт як високозабезпечений фосфором.

Міжрічна динаміка свідчить, що у 2025 році вміст рухомого фосфору був вищим на всіх варіантах, ніж у 2024 році, на 2–6 мг/кг, що пов'язано з більш сприятливими умовами зволоження для міграції та засвоєння фосфору.

Отже, результати таблиці 3 підтверджують чітку позитивну залежність між нормою мінеральних добрив і вмістом рухомого фосфору в ґрунті. Найбільш агрономічно доцільними для вирощування буряка цукрового є варіанти $N_{90}P_{90}K_{90}$–$N_{135}P_{135}K_{135}$, які забезпечують оптимальний рівень фосфорного живлення без ризику надлишкового накопичення.

4.3 Вміст обмінного калію в грунті за різних норм мінеральних добрив

Калій є одним із ключових елементів мінерального живлення буряка цукрового, який впливає на водний режим рослин, транспорт вуглеводів та накопичення цукру в коренеплодах. Дані таблиці 4 відображають зміну вмісту обмінного калію в ґрунті залежно від рівня мінерального удобрення у 2024–2025 роках.

На контрольному варіанті без добрив вміст обмінного калію становив 113–115 мг/кг, у середньому 114 мг/кг, що відповідає середньому рівню забезпеченості ґрунту калієм. Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило підвищення показника до 119 мг/кг, що на 5 мг/кг (близько 4 %) більше, ніж на контролі.

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середній вміст обмінного калію зріс до 124 мг/кг, що на 10 мг/кг, або майже на 9 %**,** перевищувало контроль. Це свідчить про

добре калійне забезпечення ґрунту, достатнє для нормального росту і розвитку буряка цукрового.

Таблиця 4

Вміст обмінного калію в чорноземі реградованому за різних норм мінеральних добрив, мг/кг ґрунту

Варіант	2024 р.	2025 р.	Середній з а два роки
1. Без добрив (контроль)	115	113	114
2. $N_{45}P_{45}K_{45}$	121	118	119
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	125	122	124
4. $N_{135}P_{135}K_{135}$	136	131	134
5. $N_{180}P_{180}K_{180}$	147	140	143

Подальше підвищення норми добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ сприяло зростанню показника до 134 мг/кг, що підтверджує накопичувальний характер дії калійних добрив. Найвищий рівень обмінного калію зафіксовано на варіанті $N_{180}P_{180}K_{180}$ — 143 мг/кг, що на 29 мг/кг (понад 25 %) більше порівняно з контролем і характеризує ґрунт як високозабезпечений калієм.

Міжрічна динаміка свідчить, що у 2025 році вміст обмінного калію був дещо нижчим на всіх варіантах, ніж у 2024 році, що, ймовірно, пов’язано з більш інтенсивним використанням калію рослинами в умовах підвищеної вологості другої половини вегетації.

Отже, результати таблиці 4 підтверджують чітку позитивну залежність між нормою мінеральних добрив і вмістом обмінного калію в ґрунті**.** Найбільш агрономічно доцільними для вирощування буряка цукрового є варіанти $N_{90}P_{90}K_{90}$ – $N_{135}P_{135}K_{135}$, які забезпечують оптимальний рівень калійного живлення без ризику надлишкового накопичення**.**

4.4. Формування врожаю буряка цукрового за різних норм мінеральних добрив

Маса 100 рослин у фазу першої пари справжніх листків є важливим показником інтенсивності початкового росту буряка цукрового та рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Дані таблиці 5 відображають вплив різних норм добрив на масу молодих рослин у 2024–2025 роках.

На контрольному варіанті середня маса 100 рослин становила 37,5 г, що характеризує мінімальний рівень ростової активності за відсутності мінерального удобрення. Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло підвищенню цього показника до 41,2 г, що на 3,6 г або 9 % перевищує контроль, свідчачи про позитивну реакцію рослин на мінеральне живлення вже на ранніх етапах органогенезу.

Таблиця 5

Маса 100 рослин цукрових буряків у фазу першої пари справжніх листків залежно від доз добрив, г

Варіант	2024 р.	2025 р.	Середня за два роки	+,- до контролю	
				г	%
1. Контроль	39,6	36,6	37,5	–	–
2. $N_{45}\,P_{45}\,K_{45}$	43,8	38,1	41,2	3,6	9
3. $N_{90}\,P_{90}\,K_{90}$	48,8	42,2	46,5	8,0	19
4. $N_{135}\,P_{135}\,K_{135}$	52,4	46,2	49,2	11,7	29
5. $N_{180}\,P_{180}\,K_{180}$	57,7	48,1	52,9	13,4	36

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середня маса 100 рослин зросла до 46,5 г, що на 8,0 г або 19 % більше порівняно з контролем. Це вказує на перехід до інтенсивнішого формування надземної маси та активний розвиток листкового апарату.

Подальше підвищення норми добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ забезпечило зростання маси 100 рослин до 49,2 г**,** що на 11,7 г або 29 % перевищує контроль. Максимальний показник зафіксовано на варіанті $N_{180}P_{180}K_{180}$ – 52,9 г**,** що на 13,4 г або 36 % більше порівняно з неудобреним фоном.

Міжрічні відмінності свідчать, що у 2024 році маса рослин була вищою на всіх варіантах, ніж у 2025 році, що пов’язано з кращими стартовими умовами зволоження та температурного режиму на початку вегетації.

Отже, результати таблиці 5 підтверджують чітку позитивну залежність між зростанням доз мінеральних добрив і інтенсивністю початкового росту буряка цукрового**.** Найбільш агрономічно доцільними для забезпечення дружніх сходів і швидкого стартового розвитку рослин є варіанти $N_{90}P_{90}K_{90}$–$N_{135}P_{135}K_{135}$, тоді як максимальна доза $N_{180}P_{180}K_{180}$ забезпечує найвищу біомасу, але може бути економічно доцільною лише за достатнього вологозабезпечення.

Врожайність коренеплодів є інтегральним показником ефективності системи удобрення буряка цукрового. Дані таблиці 6 свідчать про чітку позитивну залежність між рівнем мінерального живлення та врожайністю культури у 2024–2025 роках.

Таблиця 6

Врожайність коренеплодів цукрових буряків залежно від норм мінеральних добрив, ц/га

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	Середній за два роки	+,- до контролю		Окупність 1 ц NPK приростом
				ц	%	
1. Контроль	352	328	340	–	–	–
2. $N_{45}P_{45}K_{45}$	386	358	372	32,0	13	24
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	428	396	412	72,0	30	27
4. $N_{135}P_{135}K_{135}$	484	428	456	116,0	48	29
5. $N_{180}P_{180}K_{180}$	515	443	479	139,0	58	26
$НІР_{095}$	32,1	28,1				

На контрольному варіанті без добрив середня врожайність за два роки становила 340 ц/га (352 ц/га у 2024 р. і 328 ц/га у 2025 р.). Застосування мінімальної дози добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило підвищення врожайності до 372 ц/га, що на 32 ц/га або 13 % більше порівняно з контролем. Окупність 1 ц NPK при цьому становила 24 ц приросту коренеплодів.

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середня врожайність зросла до 412 ц/га, приріст становив 72 ц/га або 30 %**,** а окупність 1 ц NPK підвищилася до 27 ц, що свідчить про зростання економічної ефективності мінерального удобрення.

Подальше підвищення норми добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ сприяло зростанню врожайності до 456 ц/га, що на 116 ц/га або 48 % перевищувало контроль. Саме на цьому варіанті зафіксовано найвищу окупність добрив – 29 ц приросту на 1 ц NPK, що характеризує його як найбільш економічно доцільний.

Максимальна врожайність за два роки отримана на варіанті $N_{180}P_{180}K_{180}$ – 479 ц/га, що на 139 ц/га або 58 % більше від контролю. Однак окупність добрив на цьому варіанті знизилася до 26 ц, що свідчить про зменшення економічної ефективності надмірних доз добрив порівняно з варіантом $N_{135}P_{135}K_{135}$.

Міжрічні відмінності свідчать, що у 2024 році врожайність була вищою на всіх варіантах, ніж у 2025 році, що пояснюється більш сприятливими температурними та вологісними умовами для формування коренеплодів. Водночас різниця між варіантами удобрення у межах кожного року була достовірною, оскільки перевищувала значення $НІР_{0.95}$, яке становило 32,1 ц/га у 2024 р. та 28,1 ц/га у 2025 р.

Отже, дані таблиці 6 підтверджують, що застосування мінеральних добрив є потужним чинником підвищення врожайності буряка цукрового. Найбільш агрономічно та економічно доцільною слід вважати норму $N_{135}P_{135}K_{135}$, яка забезпечує поєднання високої врожайності та максимальної окупності добрив, тоді як застосування дози $N_{180}P_{180}K_{180}$ хоча й формує найвищу врожайність, але характеризується дещо нижчою економічною ефективністю.

Листкова поверхня буряків цукрових є важливим показником інтенсивності ростових процесів і рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, а також тісно пов’язана з формуванням врожаю коренеплодів. Дані таблиці 7 характеризують динаміку урожайності гички в кінці вегетації залежно від норм мінеральних добрив у 2024–2025 роках.

Таблиця 7

Урожайність гички цукрових буряків в кінці вегетації залежно від норм добрив, ц/га

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	Середня за два роки	Приріст до контролю	Співвідношення маси коренеплодів до маси гички
1. Контроль	92	102	97	–	1:0,40
2. $N_{45}P_{45}K_{45}$	115	127	121	24	1:0,44
3. $N_{90}P_{90}K_{90}$	138	153	146	49	1:0,47
4. $N_{135}P_{135}K_{135}$	171	200	184	87	1:0,52
5. $N_{180}P_{180}K_{180}$	197	235	215	121	1:0,57

На контрольному варіанті без добрив середня урожайність гички становила 97 ц/га, при цьому співвідношення маси коренеплодів до маси гички дорівнювало 1:0,40, що свідчить про відносно слабкий розвиток листкового апарату.

Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило підвищення урожайності гички до 121 ц/га, приріст становив 24 ц/га, а співвідношення коренеплодів і гички змінилося до 1:0,44, що вказує на активізацію вегетативного росту.

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середній показник урожайності гички зріс до 146 ц/га, що на 49 ц/га більше контролю. Співвідношення маси коренеплодів до

маси гички становило 1:0,47, що свідчить про подальше посилення розвитку надземної маси.

Подальше підвищення норм добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ сприяло істотному зростанню урожайності гички до 184 ц/га, приріст становив 87 ц/га, а співвідношення коренеплодів і гички досягло 1:0,52. Це характеризує високий рівень забезпеченості рослин поживними речовинами та потужний розвиток листкового апарату**.**

Найвищу урожайність гички отримано на варіанті $N_{180}P_{180}K_{180}$ – 215 ц/га, що на 121 ц/га перевищує контроль. Співвідношення маси коренеплодів до маси гички при цьому становило 1:0,57, що свідчить про надзвичайно інтенсивний розвиток надземної частини рослин.

Міжрічний аналіз показує, що у 2025 році урожайність гички була вищою на всіх варіантах, ніж у 2024 році, що пов’язано з кращим зволоженням у другій половині вегетаційного періоду та сприятливими умовами для наростання листкової маси.

Отже, результати таблиці 7 підтверджують чітку позитивну залежність між нормами мінеральних добрив і урожайністю гички цукрових буряків. Найбільш оптимальним з агрономічної точки зору є варіант $N_{135}P_{135}K_{135}$, який забезпечує високий розвиток листкового апарату без надмірного зростання частки гички. Застосування дози $N_{180}P_{180}K_{180}$ хоча й формує максимальну біомасу гички, однак може сприяти зсуву співвідношення між коренеплодами і гичкою в бік надмірного вегетативного росту.

4.5. Цукристість коренеплодів залежно від удобрення

Цукристість коренеплодів є одним із найважливіших показників якості врожаю буряка цукрового, що безпосередньо визначає вихід товарного цукру. Дані таблиці 8 відображають вплив різних норм мінеральних добрив на цей показник у 2024–2025 роках.

У контрольному варіанті без добрив середня цукристість за два роки становила 16,7 %, що є найвищим показником серед усіх варіантів. Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ призвело до незначного зниження цукристості до 16,3 %, що на 0,4 % менше, ніж на контролі.

Таблиця 8

Цукристість коренеплодів залежно від норм мінеральних добрив, %

Варіант	2024 р.	2025 р.	Середня за два роки	+, - до контролю
1. Без добрив (контроль)	17,1	16,4	16,7	–
2. $N_{45}\,P_{45}\,K_{45}$	16,7	16,1	16,3	-0,4
3. $N_{90}\,P_{90}\,K_{90}$	16,5	15,7	16,1	-0,6
4. $N_{135}\,P_{135}\,K_{135}$	15,8	15,2	15,5	-1,2
5. $N_{180}\,P_{180}\,K_{180}$	15,7	14,6	15,1	-1,5

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середня цукристість знизилася до 16,1 %, тобто на 0,6 % нижче контрольного рівня. Подальше підвищення норм добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ спричинило зменшення цього показника до 15,5 %**,** а на варіанті з максимальною дозою $N_{180}P_{180}K_{180}$ **–** до 15,1 %**,** що на 1,5 % нижче контролю.

Порівняння за роками досліджень показує, що **у** 2025 році цукристість була нижчою на всіх варіантах, ніж у 2024 році, що зумовлено менш сприятливими погодними умовами для накопичення цукру в коренеплодах.

Отже, результати таблиці 8 переконливо свідчать, що підвищення норм мінеральних добрив, особливо азотних, супроводжується тенденцією до зниження цукристості коренеплодів. З агрономічної точки зору найбільш збалансованими є варіанти $N_{45}P_{45}K_{45}$ – $N_{90}P_{90}K_{90}$, які забезпечують поєднання достатньо високої врожайності з прийнятним рівнем цукристості.

4.6. Збір цукру залежно від удобрення буряка цукрового

Можливий умовний збір цукру є узагальнюючим показником, який поєднує в собі рівень урожайності коренеплодів і їх цукристість, тому він найбільш повно характеризує ефективність системи удобрення цукрових буряків. Дані таблиці 9 відображають зміну цього показника залежно від норм мінеральних добрив у 2024–2025 роках.

Таблиця 9

Можливий умовний збір цукру залежно від норм мінеральних добрив, ц/га

Варіант	2024 р.	2025 р.	Середній за два роки	Приріст до контролю
1. Без добрив (контроль)	60,2	53,8	57,0	–
2. $N_{45}\,P_{45}\,K_{45}$	64,5	57,6	61,0	4,0
3. $N_{90}\,P_{90}\,K_{90}$	70,6	55,9	63,2	6,2
4. $N_{135}\,P_{135}\,K_{135}$	76,5	65,0	70,8	13,8
5. $N_{180}\,P_{180}\,K_{180}$	80,8	65,4	73,1	16,1

На контрольному варіанті без добрив середній збір цукру за два роки становив 57,0 ц/га. Застосування мінімальної дози $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило його зростання до 61,0 ц/га, що на 4,0 ц/га більше, ніж на контролі. Це свідчить про першу позитивну реакцію культури на мінеральне живлення.

За внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ середній умовний збір цукру підвищився до 63,2 ц/га, що на 6,2 ц/га перевищує контроль. Подальше зростання ефективності спостерігалося на варіанті $N_{135}P_{135}K_{135}$, де середній показник досяг 70,8 ц/га, а приріст до контролю становив 13,8 ц/га. Це свідчить про оптимальне поєднання рівня врожайності та цукристості коренеплодів.

Найвищий можливий умовний збір цукру отримано за внесення $N_{180}P_{180}K_{180}$ – 73,1 ц/га, що на 16,1 ц/га більше, ніж на контролі. Водночас приріст порівняно з варіантом $N_{135}P_{135}K_{135}$ був відносно невеликим, що свідчить про зниження окупності надмірних доз добрив.

Міжрічний аналіз показує, що у 2024 році умовний збір цукру був вищим на всіх варіантах, ніж у 2025 році, що зумовлено більш сприятливими погодними умовами для формування врожаю і накопичення цукру в коренеплодах.

Отже, результати таблиці 9 підтверджують, що збільшення норм мінеральних добрив сприяє зростанню збору цукру з одиниці площі, однак найбільш агрономічно та економічно доцільною слід вважати норму $N_{135}P_{135}K_{135}$, яка забезпечує високий рівень умовного збору цукру без істотного перевитрачання добрив.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД БУРЯК ЦУКРОВИЙ

Важливим завершальним етапом оцінки ефективності застосування мінеральних добрив є аналіз економічних показників вирощування буряка цукрового. У таблиці 10 наведено результати розрахунку економічної ефективності різних норм мінерального удобрення в середньому за 2024–2025 роки.

Таблиця 10

Економічна ефективність застосування мінеральних добрив під буряки цукрові (середнє за 2024–2025 рр.)

Показник	Контроль	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$
Урожайність коренеплодів, ц/га	340	372	412	456	479
- в т.ч. приріст	–	32	72	116	139
Ціна реалізації, грн/ц	200	200	200	200	200
Вартість валової продукції, грн/га	68000	74400	82400	91200	95800
Матеріально-грошові витрати, грн/га	60870	65700	73530	75771	80738
Собівартість коренеплодів, грн./ц	179	176	178	166	168
Умовно-чистий доход, грн./га	7130	8700	8870	15429	15062
Рентабельність виробництва коренеплодів, %	11	13	12	20	18

Дані таблиці 10 відображають вплив різних норм мінеральних добрив на економічну ефективність вирощування буряка цукрового в середньому за 2024–2025 роки. Основним чинником формування економічних показників була врожайність коренеплодів, яка зростала від 340 ц/га на контролі до 479 ц/га за внесення $N_{180}P_{180}K_{180}$.

Вартість валової продукції відповідно збільшувалася від 68,0 тис. грн/га на контролі до 95,8 тис. грн/га на максимальному фоні удобрення. Разом із тим матеріально-грошові витрати також зростали – з 60,87 тис. грн/га на контролі до 80,74 тис. грн/га за $N_{180}P_{180}K_{180}$, що свідчить про суттєве подорожчання технології за високих доз добрив.

Собівартість 1 ц коренеплодів була найвищою на контролі (179 грн/ц) і зменшувалася із підвищенням норм добрив до 166 грн/ц за $N_{135}P_{135}K_{135}$, після чого за максимальної дози дещо зростала до 168 грн/ц. Це свідчить про те, що саме варіант $N_{135}P_{135}K_{135}$ забезпечує найефективніше співвідношення між витратами та результатом.

Умовно-чистий дохід на контролі був мінімальним і становив лише 7130 грн/га, тоді як за внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ він зріс до 8700 грн/га, за $N_{90}P_{90}K_{90}$ – до 8870 грн/га, а максимального значення досяг у варіанті $N_{135}P_{135}K_{135}$ – 15429 грн/га. За подальшого підвищення норми добрив до $N_{180}P_{180}K_{180}$ умовно-чистий дохід зменшився до 15062 грн/га, що свідчить про зниження економічної віддачі надмірних доз добрив.

Рівень рентабельності виробництва коренеплодів також мав чітку залежність від норм удобрення. На мінімальному фоні $N_{45}P_{45}K_{45}$ рентабельність становила 13 %, за $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 12 %, а найвищою була за $N_{135}P_{135}K_{135}$ – 20 %. Подальше підвищення дози добрив призвело до її зниження до 18 %.

Отже, результати переконливо свідчать, що найбільш економічно доцільною нормою мінеральних добрив при вирощуванні буряка цукрового в умовах досліду є $N_{135}P_{135}K_{135}$, яка забезпечує максимальний умовно-чистий дохід і найвищий рівень рентабельності. Застосування максимальної норми $N_{180}P_{180}K_{180}$, хоча й формує найвищу врожайність, характеризується зниженням економічної ефективності через значне зростання витрат.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація роботи з охорони праці при внесенні мінеральних добрив та шляхи її поліпшення в умовах ТОВ «Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області

Охорона праці при застосуванні мінеральних добрив у ТОВ «Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області є невід'ємною складовою організації виробництва та базується на вимогах чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», галузевих нормативно-правових актів та внутрішніх інструкцій підприємства.

Внесення мінеральних добрив пов'язане з низкою небезпечних і шкідливих виробничих факторів: запиленістю повітря робочої зони, наявністю хімічних речовин, можливістю подразнення шкіри та слизових оболонок, підвищеною травмонебезпекою при роботі з навантажувальною технікою та обприскувачами, рухомими частинами машин, а також фізичними перевантаженнями при ручних операціях. Тому на підприємстві особлива увага приділяється питанням інструктажу, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, утриманню техніки в справному стані та дотриманню технологічної дисципліни [39].

Організація роботи з охорони праці в ТОВ «Агрофірма «Левада» здійснюється згідно з Положенням про систему управління охороною праці, затвердженим керівником підприємства. Наказом по господарству призначається відповідальна особа за стан охорони праці (інженер або уповноважений з охорони праці), яка організовує проведення інструктажів,

навчання, перевірку знань, контролює дотримання вимог безпеки в структурних підрозділах.

З метою підвищення рівня безпеки праці при використанні мінеральних добрив у ТОВ «Агрофірма «Левада» доцільно реалізувати низку організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

1. Підвищення рівня навчання та професійної культури безпеки. Рекомендується регулярно проводити тематичні заняття з працівниками щодо безпечної роботи з мінеральними добривами, використання ЗІЗ, надання першої домедичної допомоги при отруєннях і хімічних ураженнях. Доцільно впроваджувати елементи візуальної агітації – інформаційні стенди, плакати, пам’ятки для трактористів та працівників складів добрив.

2. Подальша механізація та автоматизація небезпечних операцій. Зменшенню ручної праці та контакту працівників із мінеральними добривами сприятиме:

- використання сучасних навантажувачів і транспортерів для подачі добрив до розкидачів;
- застосування агрегатів із закритими системами завантаження;
- модернізація розкидачів із можливістю точного дозування та рівномірного розподілу добрив.

Це не лише підвищує безпеку, а й сприяє економному використанню добрив та зниженню втрат.

2. Поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці. Доцільно забезпечити робочі місця постійною наявністю чистої води, мила, одноразових рушників, аптечок, а також обладнати побутові приміщення (роздягальні, душові) для працівників, які контактують з мінеральними добривами. Регулярне вологе прибирання складів, зменшення запиленості, улаштування місцевої вентиляції сприятимуть покращенню умов праці та зниженню ризику професійних захворювань.

4. Систематичний контроль технічного стану машин та обладнання. Планово-попереджувальні ремонти, своєчасна заміна зношених деталей, перевірка справності гідравлічних систем, гальм, блокуючих пристроїв і захисних кожухів дають змогу попередити аварійні ситуації та травматизм. Доцільно вести журнали обліку технічного огляду та ремонту машин, що використовуються для внесення добрив.

5. Удосконалення внутрішнього контролю за дотриманням вимог охорони праці. Ефективним є впровадження систематичних цільових перевірок стану охорони праці під час весняно-польових робіт, фіксація порушень з наступним аналізом причин і розробкою заходів щодо їх усунення. Практика заохочення працівників, які не допускають порушень техніки безпеки, сприяє підвищенню рівня трудової дисципліни й формуванню культури безпечної праці.

6. Урахування екологічних аспектів при внесенні добрив. Реалізація принципів екологізації землеробства (дотримання рекомендованих норм внесення, врахування погодних умов та стану ґрунту, недопущення потрапляння добрив у водні об’єкти) дає змогу зменшити негативний вплив на довкілля і водночас покращує умови праці, знижуючи рівень хімічного навантаження на працівників і територію господарства.

Отже, комплексна реалізація організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на підвищення рівня охорони праці при внесенні мінеральних добрив у ТОВ «Агрофірма «Левада», дозволить знизити виробничий травматизм і захворюваність, підвищити продуктивність праці, забезпечити безпечні умови роботи та стабільний розвиток підприємства.

Режим праці і відпочинку працівників у господарстві, регулюється статутом господарства. Тривалість робочого тижня становить 41 годину на тиждень, а для робітників зайнятих на роботах із шкідливими умовами праці не більше 36 годин на тиждень [40-41].

В цілому організація робіт по внесенню добрив відповідає вимогам з питань охорони праці. Але поряд з цим є суттєві недоліки. По-перше,

несвоєчасно проводиться знешкодження спецодягу, до роботи з мінеральними добривами допускаються працівники, які не досягли 18-річного віку, дуже часто працівники нехтують засобами індивідуального захисту.

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій і їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, машин, будівель, виробничих процесів і технологій [42].

Основні принципи побудови моделі такі: вивчається виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастроф.

Модель виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив.

НУ – З'єднання трактора з розкидачем мінеральних добрив «лійкою» здійснюється з допомогою ручних операцій.

НД1 – У небезпечній зоні знаходиться причіплювач.

НД2 – Можливий рух трактора без команди причіплювача.

НС – Можливий наїзд трактора на причіплювача.

Т– травма.

$$\begin{array}{c} \text{НУ} \rightarrow \text{НД1} \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{Т} \\ \uparrow \\ \text{НД2} \end{array}$$

НШФ – Токсичний пил під час внесення добрив.

НД – Механізатор почав рух без попередження про закінчення загрузки добрив.

НУ – Двері кабіни трактора не повністю закриваються.

НС – У зону дихання проникають отруйні речовини.

О – Отруєння.

З – Захворювання.

$$\text{НШФ} \rightarrow \text{НУ} \rightarrow \text{НД} \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{О} \rightarrow \text{З}$$

Для підвищення рівня техніки безпеки і охорони праці при виконанні робіт з добривами на посівах цукрових буряків необхідно впроваджувати наступні заходи:

1. Підвищити якість проведення інструктажів з охорони праці;
2. Відповідно до існуючого законодавства про охорону праці провести навчання працівників з охорони праці з наступною перевіркою знань;
3. Посилити контроль за виконанням правил безпеки праці під час проведення всіх сільськогосподарських робіт.

6.2. Охорона навколишнього середовища при застосуванні добрив у посівах буряка цукрового

Згідно з існуючим законодавством України вирощування екологічно чистої якісної продукції, зокрема і цукрових буряків, має велике оздоровче і дієтично-лікувальне та харчове значення.

Адже чиста від залишків різних хімікатів сільськогосподарська продукція є не лише енергетичним ресурсом організму людей і тварин, а й чудовим сорбентом, що виводить з організму радіонукліди та інші небажані інгредієнти.

Останніми десятиріччями помітно зменшився рівень застосування органічних і мінеральних добрив, проте навіть незначне не правильне їх внесення значно впливає на колообіг, особливо азотовмісних сполук у природі. Унаслідок цього відбувається забруднення води, харчових продуктів, кормів.

Для вирощування високого урожаю цукрових буряків економічно сильні господарства використовують як органічні, так і мінеральні добрива, які є забруднювачами навколишнього середовища.

Основним джерелом нітратного забруднення, під яким звичайно розуміють забруднення власне нітратами, нітритами і N-нітрозоамінами, є

високі дози азотних мінеральних і органічних добрив, а також пестициди при систематичному насиченні ними посівів. Потрапляння в ґрунт стоку тваринницьких комплексів значно ускладнює цю проблему.

Як відомо, транспортні витрати мінеральних добрив на шляху від заводу до поля становлять 10 – 12%, що сприяє постійному забрудненню навколишнього середовища. Перевезення їх у тарі може докорінно поліпшити становище. Так, середні розміри втрат затареного суперфосфату в 2,5 рази менші, ніж незатареного.

Застосування мінеральних добрив у незбалансованих за основними елементами живлення співвідношеннях також є однією з причин забруднення продукції. Для умов України оптимальним для всіх сільськогосподарських культур вважається співвідношення N : P : K = 1 : 0,9 : 0,8. Проте й при оптимальному співвідношенні підвищені і високі дози мінеральних добрив, насамперед азотних, можуть бути причиною екологічного забруднення.

Невикористані сільськогосподарськими культурами поживні речовини за певних умов є джерелом антропогенного забруднення.

При невірному застосуванні агрохімікатів у землеробстві можливе фізичне, хімічне, біологічне, а також радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Хімічне забруднення посилюється і внаслідок фільтрації та поверхневого змиву (водної ерозії), фільтрації забруднювачів за межі кореневої системи рослин, або їх нагромадження в орному шарі. До хімічних забруднювачів належать, насамперед, аніони азотної кислоти - нітрати, які в сучасному землеробстві є основним індикатором на забруднення навколишнього середовища.

Екологічні наслідки застосування фосфорних добрив пов'язані також із збільшенням надходження фосфору у водні об'єкти, який викликає, поряд з іншими поживними елементами, посилений розвиток планктону, заболочення водоймищ, загибель водних організмів внаслідок дефіциту розчиненого у воді кисню.

Калійні добрива небезпечні насамперед вмістом хлору, який погіршує якість урожаю. Підвищений вміст калію в кормових травах та гичці може призвести до отруєння тварин, а застосування високих доз калійних добрив - до забруднення водойм.

І все ж в екологічному відношенні найбільш небезпечні промислові азотні добрива (так званий технічний азот) - основне джерело нітратного забруднення води, продуктів харчування і кормів.

Рекомендаціями з еколого-токсикологічного регламентування добрив передбачено вносити азоту не більше: під озиму пшеницю – 140 кг/га, кукурудзу − 120, гречку − 65, просо − 75, під огірки й столові буряки − 60 – 90 кг/га, кормові і цукрові буряки – 150-200 кг/га.

Охорона природи і захист громадян регламентується законами України, зокрема: „ Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали унаслідок Чорнобильської катастрофи" від 26 грудня 1991 року, Закон України „Основа законодавства про охорону здоров'я „ від 19 листопада 1992 року, Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища" із змінами та доповненнями внесеними Законами України від 5 травня 1993 року, Закон України „ Про пестициди і агрохімікати" від 2 березня 1995 року.

В земельному кодексі України від 13 листопада 2001 року в розділі 6 „Охорона земель", в статті 162 визначено поняття охорона земель. Охорона земель – це система правових, організаційних, економічних заходів та інших, спрямоване на раціональне використання земель сільськогосподарського призначення, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості земель лісового фонду, забезпечення особливого фонду використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико - культурного призначення.

В статті 165 говориться, що стандартизація і нормування в галузі охорони земель та відтворення родючості ґрунтів здійснюється з метою забезпечення екологічної і санітарно - гігієнічної безпеки громадян шляхом прийняття

відповідних нормативів і стандартів, які визначають щодо якості земель, допустимого антропогенного навантаження на ґрунти та окремі території допустимого сільськогосподарського освоєння земель тощо.

В галузі охорони земель та відтворення родючості встановлені такі нормативи отримання співвідношення земельних угідь; якість стану ґрунту; гранично допустимого забруднення ґрунтів; показників реградації земель та ґрунтів.

Цукровий буряк вирощують для одержання коренеплодів, які є сировиною для цукрової промисловості. Коренеплоди цукрового буряка містять 16-19 % цукру. Цукор один з найбільш використовуваних людиною вуглеводів, які добре засвоюються організмом і має високі смакові якості. Вміст цукру в крові людини постійний 0,09 - 0,12 %, при перевтомі знижується, а вживання цукру відновлює енергію і покращує розумові і фізичні здібності людини. Слід зазначити, що надмірне вживання цукру призводить до порушення обміну речовин, специфічних захворювань. Крім того, при виробництві цукру є побічна продукція: жом, меляса, листя - цінний корм для тварин, а також на заводах, при очищенні соків мають цінне вапняне добриво - дефекат (дефекаційну грязь), що містить 40% $CaC0_3$. 0,3-0,5% N, 0,2-0,6 % P_20_5 , 0,6-0,9% H_20 і 10 % органічної речовини - відмінний засіб для нейтралізації кислотності ґрунту [43].

Цукровий буряк є просапною культурою. На посівах цукрового буряка здійснюється велика кількість механічних операцій, що негативно впливає на грунт. Це призводить до руйнування структури грунту, переущільнення, зниження його родючості. Одним з основних заходів покращення даної ситуації є мінімалізація обробітку грунту.

Необхідність у мінімалізації спричинюється потребою зберігання і підвищення родючості ґрунту (усунення надмірного ущільнення і розпилюючого впливу важкої сільськогосподарської техніки, боротьба з водною, вітровою ерозією, поліпшення гумусового балансу ґрунту і зменшення витрат з нього

поживних речовин і вологи), а також причини екологічного порядку (необхідністю зростання урожайності, продуктивності праці та зниження собівартості). Основні умови, коли може бути використана мінімалізація:

1. Рівноважна щільність наближена або збігається з оптимальною щільністю;
2. Чистота поля від бур'янів.

Основні напрямки мінімалізації: включення окремих заходів обробітку і технологічного циклу, використання широкозахватних і комбінованих агрегатів, зменшення глибини обробітків.

До усунення негативної дії хімічних засобів захисту рослин при вирощуванні цукрового буряка важливе місце відводиться раціональному використанню пестицидів інтегрованих або комплексних системах захисту рослин, основою яких є повне використання факторів середовища, які викликають загибель шкідливих організмів на рівні, коли вони не приносять відчутної шкоди з використанням не одного якого-небудь методу, а комплексу заходів (організаційно-господарських, агрохімічних, селекційно-насінницьких, хімічних та біологічних).

В цілях збереження корисних організмів для хімічного обробітку необхідно використовувати вибіркові препарати, отруйні тільки для шкідливих організмів. Попередження забруднення залишками пестицидів ґрунту слід максимально обмежувати внесення в грунт стійких форм, а там, де це необхідно, використовувати препарати, що швидко руйнуються, в рядки, гнізда, лунки (локально), що зменшує норми їх витрат.

Внесені добрива діють на грунт і рослини цукрового буряка позитивно з точки забезпечення їх поживою, а з точки зору охорони середовища - можуть бути негативні наслідки їх застосування. При середній забезпеченості ґрунту елементами живлення, використання азоту становить – 30%, фосфору – 9%, колію - 30%. За даними численних дослідів, граничнодопустима доза азотних добрив для зони нестійкого зволоження Лісостепу України при врожайності

коренеплодів 45 т/га становить 145 кг/га діючої речовини. При вирощуванні цукрового буряка близько 50%, яка витрачається, припадає на азотні добрива.

Добрива можуть підкислювати або підлуговувати ґрунтовий розчин, посилювати мінералізацію гумусу, посилювати або знижувати дію інших елементів, тощо. Застосування хімічних засобів повинно здійснюватися комплексно з тим, щоб досягти гармонійного їх впливу на грунт і рослину. Так, внесення фізіологічних добрив, що мають підвищену кислотність повинно поєднуватися вапнуванням, коли вапно не лише ліквідує підвищену кислотність, а й одночасно сприяє оптимізацію живлення рослин та поліпшення властивостей грунту.

Оптимізація живлення макро і мікродобривами суттєво знижує надходження в рослину поживних елементів.

Підвищення внесення нами азоту призводить до збільшення вимивання його з ґрунтової товщі. Вимитий з ґрунту нітратний азот стає джерелом забруднення питної води. Споживання питної води, харчових продуктів і кормів, в яких вміст нітратів перевищує ГДК, викликає отруєння людей і тварин.

Отже, охорона навколишнього середовища є одним з найважливіших завдань працівників сільського господарства.

В И С Н О В К И

Проведені протягом 2024–2025 років дослідження з вивчення ефективності різних норм мінеральних добрив під буряки цукрові дають підстави зробити наступні висновки:

1. Внесення мінеральних добрив поліпшує поживний режим чорнозему реградованого, збільшуючи при цьому вміст рухомих сполук азоту, фосфору і калію в ґрунті.

2. Буряки цукрові гібриду Панда ефективно реагують на покращення живлення збільшенням маси 100 рослин на початку вегетації, врожайності коренеплодів та гички.

3. Найвищу продуктивність цукрових буряків забезпечила норма добрив $N_{180}P_{180}K_{180}$. В середньому за два роки приріст коренеплодоів становив 139 ц/га, проте найвища окупність 1 кг діючої речовини мінеральних добрив була у варіанті $N_{135}P_{135}K_{135}$ – 29 ц.

4. Цукристість коренеплодів знижувалася із збільшенням норм мінеральних добрив і залежала також від погодних умов року.

5. Збір цукру пропорційно зростав із збільшенням норм мінеральних добрив і найвищим він був у варіантах та $N_{180}P_{180}K_{180}$ − 73,1 т/га.

6. За розрахунками економічної ефективності внесення мінеральних добрив в нормі $N_{135}P_{135}K_{135}$ під цукрові буряки забезпечила одержання 15429 грн. з 1 га при найнижчій собівартості (166 грн./ц).

Рекомендації виробництву:

На підставі проведених досліджень рекомендуємо ТОВ «Агрофірма «Левада» Білоцерківського району Київської області для одержання високої продуктивності буряків цукрових і підтримання родючості чорнозему реградованого вносити не менше $N_{135}P_{135}K_{135}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балюк С.А., Медведєв В.В. Родючість ґрунтів України: стан, проблеми та шляхи відтворення. Харків: Стильна типографія, 2018. 412 с.

2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 652 с.

3. IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022. 3056 p.

4. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 448 с.

5. Про стан родючості ґрунтів України : національна доповідь / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, О. Г. Тараріко та ін. – Київ : ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2010. – 112 с.

6. Періодична доповідь про стан родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами 10 туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження. Київ : ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2020. 200 с.

7. Медведєв В. В. Моніторинг ґрунтів України. Харків : ПФ «Антіква», 2002. 428 с.

8. Медведєв В. В., Пліско І. В., Крилач С. І., Накісько С. Г., Уваренко К. Ю. Фізична деградація орних ґрунтів України (оцінювання, профілактика, призупинення). Харків : ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», 2014. 200 с.

9. Балюк С. А., Мірошниченко М. М., Медведєв В. В. Наукові засади сталого управління ґрунтовими ресурсами України. Вісник аграрної науки. 2018. № 11. С. 5–12.

10. Балюк С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. Український географічний журнал. 2021. № 2. С. 3–11.

11. Моргун Ф. Т., Шикула М. К., Тараріко О. Г. Ґрунтозахисне землеробство. Київ : Урожай, 1988. 256 с.

12. Яцук І. П., Міхєєва О. М., Цилюрик О. І. Агроекологічна оцінка стану земель сільськогосподарського призначення Сумської області. Охорона ґрунтів. 2015. Вип. 58 (1). С. 156–162.

13. Балюк С. А., Медведєв В. В., Воротинцева Л. І., Шимель В. В. Деградація ґрунтів України за впливу змін клімату. Агроекологічний журнал. 2020. № 1. С. 7–15.

14. Забалуєв В. О., Цапко Ю. Л., Годинчук Н. В. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості : навч. посіб. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2023. 312 с.

15. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management / FAO. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. 16 p.

16. Гамалій В. І. Живлення і продуктивність буряка цукрового. Київ : Аграрна наука, 2016. 276 с.

17. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Технологія вирощування цукрових буряків : рекомендації. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2020. 52 с.

18. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. Вінниця : ПП «ТД “Едельвейс і К”», 2014. 332 с.

19. Господаренко Г. М. Агрохімічні основи систем удобрення. Умань : Уманський НУС, 2014. 340 с.

20. Мартинюк А. Т., Черно О. Д. Удобрення цукрових буряків у Лісостепу України. Умань : УНУС, 2017. 198 с.

21. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 652 с.

22. Цилюрик О. І. Особливості живлення та продуктивності цукрових буряків у Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства НААН. 2016. № 60. С. 112–118.

23. Шевченко М. С., Глущенко Л. Д. Вплив норм азотних добрив на урожайність і цукристість цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2018. № 10. С. 25–31.

24. Бойко І. В. Формування продуктивності буряка цукрового залежно від мінерального живлення. Наукові праці Інституту землеробства НААН. 2019. Вип. 2. С. 75–82.

25. Draycott A. P. Nutrition of Sugar Beet. Dordrecht : Springer, 2018. 474 p.

26. Hoffmann C. M., Kluge-Severin S. Growth analysis of sugar beet under different nitrogen supply. European Journal of Agronomy. 2011. Vol. 34. P. 17–26.

27. Milford G. F. J., Watson D. J. The sugar beet crop : science into practice. London : Chapman & Hall, 1993. 675 p.

28. Bloch D., Hoffmann C. M., Märländer B. Importance of nutrient supply for sugar beet yield and quality. Sugar Industry. 2015. Vol. 140, Issue 5. P. 286–293.

29. Märländer B., Hoffmann C. M. Sugar beet. Crop Yield Physiology and Processes. London : Academic Press, 2019. P. 181–205.

30. FAO. Fertilizer Use by Crop in Ukraine. Rome : FAO, 2005. 124 p.

31. Barłóg P., Grzebisz W. Effect of nutrient supply on yield and quality of sugar beet. Plant, Soil and Environment. 2004. Vol. 50, No. 2. P. 71–77.

32. Salvagiotti F., Specht J. E., Cassman K. G. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in sugar beet cropping systems. Field Crops Research. 2008. Vol. 108. P. 1–13.

33. Кириченко В. В., Рябуха С. С. Біологічні особливості та продуктивність сучасних гібридів буряка цукрового. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2017. № 2. С. 42–48.

34. Шевченко Т. П. Вплив калійних добрив на цукристість і технологічні показники коренеплодів буряка цукрового. Агробіологія. 2020. № 1. С. 98–105.

35. Реєстр сортів і гібридів рослин на 2024 рік. https://data.gov.ua/dataset/eabd0bd2-2dc6-47e2-b748-9bd254da4956/resource

36. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії; За ред. В.О. Єщенка. – К.: Дія, 2005.–288 с.

37. Агрохімічний аналіз грунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрохімічної хімії: Навч. посібник /Карасюк І.М., Геркіял О.М., Недвига М.В., та ін.; За ред. І.М. Карасюка, – К., ЗАТ ”Нічлава”, 2001.–192 с.

38. Господаренко Г.М., Єщенко В. О. , Полторецький С. П. та інші. Методичні рекомендації до написання й оформлення кваліфікаційної роботи студентами ОР «Магістр» за спеціальністю 201 «Агрономія». Умань. 2025. 36 с.

39. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII (із змін. і допов.) // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12

40. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві : НПАОП 01.0-1.02-18 : затв. наказом Мінсоцполітики України від 29.08.2018 № 1240 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18

41. Охорона праці під час застосування пестицидів і мінеральних добрив : інформац. матеріали Управління Держпраці / Пенсійний фонд України. 14.05.2024. URL: https://www.pfu.gov.ua/if/190194-ohorona-pratsi-pid-chas-zastosuvannya-pestytsydiv-i-mineralnyh-dobryv/

42. Сакун М. М., Кравчук В. І., Сакун В. М. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2009. 180 с.

43. Васильєв В.Г. Добривам – високоефективне використання. Васильєв В.Г., Шкаредни І.С., Глущенко І.В. Цукрові буряки. 2011, № 2. С. 12–14.

Д О Д А Т К И