МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

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

ПРОДУКТИВНІСТЬ БУРЯКА ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФГ «НЕПОКРИТИЙ Д.М.» КОМПАНІЇВСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи 22 м-а спеціальності 201 Агрономія
ГЕРАСЬОВА Ілона Дмитрівна

Керівник: РАССАДІНА Ірина к.с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4

РОЗДІЛ 1. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО (огляд літератури)…….. 7

1.1. Значення азоту, фосфору і калію в живленні буряків цукрових…. 7

1.2. Вплив мінерального живлення на продуктивність буряків цукрових…… 11

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ…….....

2.1. Господарсько-біологічна характеристика гібриду Манаті……. 16

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 18

3.1. Ґрунтово-кліматична характеристика території досліджень…..... 18

3.2. Кліматичні умови регіону проведення досліджень у 2025 році….. 19

3.3. Схема досліду……..……. 22

3.4. Агротехніка вирощування буряків цукрових на дослідній ділянці 23

3.5. Методика проведення досліджень……..... 24

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…… 26

4.1. Вплив мінеральних добрив на агрохімічні властивості ґрунту ….. 26

4.2. Проходження фаз вегетації залежно від удобрення……. 28

4.3. Вплив удобрення на масу коренів буряків цукрових…….. 30

4.4. Маса листків буряків цукрових залежно від удобрення…….. 31

4.5. Вплив удобрення на площу листків буряків цукрових……..... 33

4.6. Вплив удобрення на врожайність та якість буряків цукрових…..... 34

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ…….. 37

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ……..…….. 40

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»……. 40

6.2. Екологічна безпека при застосуванні мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»…… 42
ВИСНОВКИ……..... 45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 47
ДОДАТКИ…… 51

ВСТУП

У системі заходів щодо підвищення урожайності цукрових буряків важливу роль відіграє забезпечення рослин основними поживними елементами за умов правильного дотримання технології вирощування. Цукрові буряки добре реагують на внесення мінеральних добрив у всіх ґрунтово-кліматичних зонах, особливо за достатнього рівня зволоження. Дослідження свідчать, що за оптимального співвідношення азоту, фосфору і калію кожен центнер внесених мінеральних добрив може підвищувати урожайність на 60–90 ц/га. Зокрема, приріст урожаю становить у середньому 35 кг на 1 кг азоту, 17 кг на 1 кг фосфору і 19 кг на 1 кг калію [1, 2].

Нераціональне застосування надмірних доз добрив без урахування запланованого рівня урожайності часто призводить не лише до зниження їх ефективності, але й до зменшення цукристості коренеплодів [3].

У сучасних умовах, коли підвищуються вимоги до агротехнологій щодо зниження їхньої ресурсомісткості, питання оптимального використання добрив набуває особливого значення, особливо у Західному Лісостепу на карбонатних чорноземах [4].

Актуальність роботи. У сучасних умовах дефіциту органічних добрив і зростаючого використання мінеральних добрив у вирощуванні буряку цукрового особливого значення набуває їх правильне застосування. Насамперед важливо враховувати особливості ґрунтів не лише в межах ґрунтових зон або агроґрунтових районів, а й у кожному окремому господарстві. Другою важливою вимогою є встановлення науково обґрунтованих норм і співвідношень добрив, визначення оптимальних строків їх внесення та вибір ефективної техніки внесення. Третім чинником є гармонійне поєднання удобрення з іншими агротехнічними заходами — сівозміною, обробітком ґрунту, строками сівби, технікою висіву і доглядом за посівами.

Поживні речовини використовуються рослинами найбільш ефективно тоді, коли їх співвідношення в ґрунтовому розчині максимально відповідає потребам рослин, і немає суттєвого надлишку одного елементу за браку іншого.

Інтенсивна технологія вирощування буряку цукрового передбачає комплекс агротехнічно обґрунтованих і взаємопов'язаних технологічних прийомів, які спільно забезпечують високу врожайність культури та високий вихід цукру з гектара посіву. За умови правильного впровадження комплексної української інтенсивної технології вирощування буряку цукрового можливо досягти врожайності коренеплодів на рівні 450–500 ц/га, що дозволяє ефективно виконувати планові завдання із заготівлі сировини.

Поживний режим є одним із ключових чинників, що регулюють ріст і розвиток рослин. Умови живлення істотно впливають на темпи росту, формування окремих органів, інтенсивність біохімічних процесів і, зрештою, на урожайність та якість продукції. Попри наявність значної кількості даних щодо ефективності добрив для цукрового буряку, питання впливу живильних фонів на ріст, розвиток і врожайність цієї культури залишається актуальним через появу нових сортів і гібридів.

Основною *метою* проведених досліджень було вдосконалення технології вирощування буряку цукрового шляхом визначення оптимальних розрахункових норм внесення мінеральних добрив для районованого та перспективного гібриду Манаті. Це дозволило б забезпечити стабільне отримання високої врожайності та покращення якості коренеплодів у ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі *завдання*:

- дослідити вплив мінеральних добрив на агрохімічні властивості ґрунту;
- проаналізувати вплив удобрення на перебіг фенологічних фаз росту і розвитку буряку цукрового, а також на динаміку наростання маси коренеплодів;
- встановити залежність маси коренів та листків буряків від рівня мінерального живлення;

- вивчити особливості формування листкової поверхні рослин залежно від норм внесення добрив;
- визначити вплив мінерального удобрення на урожайність і якість продукції буряку цукрового;
- провести економічну ефективність застосування різних норм мінеральних добрив при вирощуванні буряку цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України.

Апробація результатів. Основні результати досліджень було представлено на засіданні студентського наукового гуртка кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС. Матеріали досліджень опубліковано у збірнику тез Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки.

РОЗДІЛ 1
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО (огляд літератури)

1.1. Значення азоту, фосфору і калію в живленні буряків цукрових

Для отримання високих урожаїв буряку цукрового необхідно забезпечити підвищений рівень поживних речовин у ґрунті, тому створення оптимального поживного режиму є важливим завданням. Багато досліджень показали, що правильне співвідношення добрив сприяє збільшенню врожайності, підвищенню цукристості коренеплодів і збору цукру з одиниці площі. Важливу роль у цьому процесі відіграє осіннє внесення гною у поєднанні з мінеральними добривами [5, 6].

Буряк цукровий споживає значно більше поживних елементів порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами. Так, для формування 100 ц коренеплодів разом із відповідною кількістю гички рослини виносять з ґрунту 50–70 кг азоту, 10–20 кг фосфору, 60–80 кг калію, по 10–20 кг магнію та кальцію і близько 5 кг сірки [7–9].

Макроелементи — азот (N), фосфор (P) і калій (K) — що надходять із ґрунту та добрив, активно залучаються в обмінні процеси рослинного організму. Вони відіграють вирішальну роль у рості, розвитку й формуванні врожайності буряку цукрового. При цьому дія кожного елемента впливає на ефективність засвоєння інших, що вимагає обов'язкового урахування їх комплексної взаємодії в процесі удобрення [10, 11].

Азот має особливе значення для живлення буряку цукрового, оскільки є складовою частиною простих і складних білків, які утворюють основу протоплазми клітин. Він входить до складу нуклеїнових кислот, хлорофілу, фосфатидів, а також деяких вітамінів, ферментів і амінокислот [12, 13].

Умови азотного живлення безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин: при дефіциті азоту спостерігається затримка росту, утворення дрібних

світло-зелених листків, їх передчасне пожовтіння, стебла стають тонкими, слабо гілкуються, погіршується ріст і розвиток репродуктивних органів [14].

За достатнього забезпечення азотом рослини активно ростуть, довше зберігають життєздатність, формують міцні стебла та розвинене листя з насиченим зеленим забарвленням. Одночасно посилюється синтез білкових сполук, покращується формування й розвиток репродуктивних органів, що сприяє підвищенню урожайності та деякому збільшенню вмісту цукру в коренеплодах цукрових буряків [15].

Проте надмірне одностороннє азотне живлення протягом вегетації затримує дозрівання рослин: вони утворюють надмірну вегетативну масу за нестачі формування коренеплодів. При цьому погіршується якість сировини: знижується цукристість, підвищується вміст шкідливого азоту, золи і калію — мелясоутворюючих речовин, що зменшують вихід цукру на заводах [16].

На початку вегетаційного періоду внесення підвищених доз азоту сприяє активному росту листкової маси. Рослини переважно засвоюють мінеральні сполуки азоту, хоча здатні споживати і прості органічні сполуки — аміди, амінокислоти та протеїни [17].

У середньому вміст азоту в ґрунтах становить близько 0,1 % від маси ґрунту, коливаючись у межах від 0,05 % до 0,3 %. Лише близько 1 % цього азоту представлено формами, доступними для засвоєння рослинами [18].

Загальний вміст азоту прямо залежить від кількості гумусу в ґрунті. Фосфору в ґрунтах зазвичай більше за умов високого вмісту органічних речовин, тоді як кількість калію зумовлюється гранулометричним складом мінеральної частини ґрунту. Основна маса поживних речовин міститься у важкодоступних формах. Засвоєнню елементів сприяє їх наявність у формі, розчинній у слабких кислотах, воді або в обмінному стані [18].

Перехід поживних елементів у доступні для рослин форми відбувається завдяки діяльності ґрунтових мікроорганізмів, а також фізико-хімічним і хімічним процесам, що постійно проходять у ґрунтовому середовищі [19].

Азот у ґрунті засвоюється рослинами переважно у формі іонів амонію (NH_4^+) та нітратів (NO_3^-). Іони амонію легко поглинаються, особливо з лужних

ґрунтів, тоді як нітрати краще засвоюються із кислих ґрунтів. Висока температура ґрунту сприяє більш активному поглинанню азоту. Оптимальне азотне живлення дає змогу максимально реалізувати потенціал сорту чи гібриду та забезпечити отримання високоякісної продукції. Азотні добрива є найбільш ефективними щодо підвищення врожайності порівняно з іншими видами удобрення [20].

Фосфор у рослинах міститься у формі як органічних, так і мінеральних сполук. Серед мінеральних форм переважають солі кальцію, калію та магнію ортофосфорної кислоти, проте основна частина фосфору входить до складу органічних сполук, зокрема нуклеїнових кислот. У листках і стеблах рослин кількість нуклеїнових кислот становить від 0,1 до 1 % сухої речовини. Фосфорне живлення сприяє переходу рослин від формування вегетативної маси до розвитку репродуктивних органів, підвищує їхню стійкість до несприятливих факторів і прискорює дозрівання [20; 21].

За температури ґрунту нижче 10 °С проростки погано засвоюють фосфор, що сповільнює їхній розвиток навесні навіть без видимих ознак на листках. У таких умовах ефективним є рядкове внесення фосфорних добрив. Внесення фосфору стимулює ріст кореневої системи, підвищує врожайність і цукристість коренеплодів [21].

Нестача фосфору гальмує ріст стебел і листків, негативно впливає на формування насіння. За таких умов листки скручуються по краях, пластинки стають гофрованими, з'являються фіолетово-червоні плями, тканини відмирають, що істотно знижує продуктивність цукрових буряків [20; 21].

Надлишок фосфору скорочує період вегетації, спричиняє передчасне дозрівання та зниження якості товарної продукції. При цьому в рослинах накопичується велика кількість мінеральних сполук фосфору, а листки в’януть [21].

Фосфор відіграє ключову роль у забезпеченні енергетичних процесів життєдіяльності цукрових буряків [22]. У ґрунті основна частина фосфору зосереджена в гумусі: у сірих лісових ґрунтах його вміст становить 1,78–

2,46 %, у глибоких чорноземах — 0,81–1,25 %, а у звичайних чорноземах — 0,90–1,27 % [23].

Іони фосфору ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) можуть поглинатися рослинами в перший рік внесення добрив трьома основними шляхами: через безпосередній контакт з кореневою системою (до 6 % загальної потреби), з водою (1–10 % потреби) та шляхом дифузії, що є головним механізмом надходження фосфору до рослин [24].

Калій, поряд із азотом і фосфором, вважається одним із найважливіших елементів живлення цукрового буряку. Він знаходиться в рослинах переважно в іонній формі, накопичується в цитоплазмі та вакуолях, не входячи при цьому до складу органічних сполук. Основна частина калію міститься в клітинному соці, звідки легко вимивається водою [25].

Згідно з даними Ю.А. Злобіна (2004), під час дощу листя буряку може втрачати понад третину наявного в ньому калію [26].

Калій має надзвичайно важливе значення у живленні рослин, оскільки бере участь у ферментативних процесах синтезу амідів, реакціях переамінування та активації амінокислот при утворенні білків. У рослині калій перебуває у формі іонів, частково зв'язаний з колоїдами або у вигляді нестійких органо-мінеральних комплексів. Його найбільше міститься в меристематичних тканинах, молодих пагонах та пилку. До 50 % зольного залишку коренів цукрового буряку становить калій [27].

Цей елемент сприяє гідратації протоплазми і клітинних стінок, що пришвидшує обмін речовин, полегшує надходження води до клітин та підвищує осмотичний тиск. Завдяки калію рослини краще утримують воду і витримують короткочасну посуху. Однак під час інтенсивних дощів із тканин буряків може вимиватися близько 20–30 % калію [28]. Калій також бере участь у вуглеводному обміні та сприяє транспортуванню цукрів у рослинах [28].

Калій істотно підвищує урожайність цукрових буряків, сприяє збільшенню їх цукристості та підвищенню загального виходу цукру. Важливість калію у живленні рослин зростає зі збільшенням рівня удобрення [29].

Елемент бере участь у ростових процесах, фотосинтезі, синтезі та транспортуванні вуглеводів, а також підвищує ефективність використання азоту і фосфору. За достатнього калійного забезпечення азот і фосфор реутилізуються, тобто переміщуються з листків, що старіють, у молоді органи рослини [30, 31].

Нестача калію призводить до в'янення рослин, ураження церкоспорозом, передчасного старіння і відмирання листків та коренів. У польових умовах калійне голодування проявляється симптомами так званого «запалу».

Цукрові буряки засвоюють близько 50 % калію, внесеного з добривами. Вміст калію в листковій масі (гичці) майже в півтора раза перевищує його вміст у коренеплодах [32, 33].

1.2. Вплив мінерального живлення на продуктивність буряків цукрових

Добрива є визначальним чинником підвищення урожайності цукрових буряків: у загальній сумі факторів близько 50 % приросту врожайності в оптимальних умовах агротехніки забезпечується саме ними. Проте внесення надмірних доз добрив не завжди призводить до запланованого приросту врожаю і часто знижує якість коренеплодів [34].

Підвищення ефективності органічних та мінеральних добрив досягається шляхом оптимізації систем удобрення в зерно-бурякових сівозмінах. Це дозволяє в конкретних агроекологічних умовах повніше реалізувати потенціал сортів і гібридів, знизити енергоємність виробництва при одночасному підвищенні родючості ґрунтів та збереженні навколишнього середовища [35, 36].

Оптимізація мінерального живлення є одним із ключових способів регулювання фізіолого-біологічних процесів, що визначають формування врожаю. Напрям органогенезу закладений генетично, однак інтенсивність його прояву значною мірою залежить від рівня живлення — вмісту і співвідношення елементів у ґрунті [37, 38].

Буряки цукрові мають здатність підтримувати сталі співвідношення основних елементів живлення в тканинах на різних етапах розвитку, що залежить від режиму мінерального живлення. При цьому змінюється кількість споживання елементів, що впливає на метаболізм рослини.

У рослинах буряків виявлено близько 76 елементів. Окрім вуглецю, водню, кисню і азоту, важливими є бор, калій, кальцій, залізо, магній, сірка, марганець, цинк, мідь, молібден. Також наявні хлор, натрій, алюміній, кремній та фтор. Проте відсутність останніх п’яти елементів суттєво не порушує життєдіяльність рослин [39].

Основу сухої речовини рослини складають С, О, Н (95 %), на азот припадає від 1 до 3 %, інші елементи представлені у значно менших кількостях. Незалежно від концентрації, кожен елемент має специфічну роль і не може бути замінений іншим. Запаси деяких елементів у ґрунті виснажуються швидко і вимагають щорічного внесення, інші ж присутні в ґрунті у великій кількості [37].

Вплив елементів живлення на ріст і розвиток рослин проявляється комплексно — через їх взаємодію під час кореневого, повітряного живлення та регулювання водного режиму. Однак, для оптимізації живлення важливо знати також індивідуальну дію основних елементів і створювати сприятливі умови для їх надходження у рослину [40].

Азот і сірка, поряд із вуглецем, киснем і воднем, беруть участь у формуванні органічних сполук, виконуючи роль "будівельного матеріалу" рослин.

При нестачі азоту у листкових пластинках і черешках зменшується концентрація амінокислот, нуклеїнових кислот і білків, що призводить до скорочення фотосинтетичної поверхні й значного зниження врожайності коренеплодів. Найбільш критичним періодом для забезпечення рослин азотом є перша половина вегетації. Адекватне азотне живлення сприяє активному наростанню листкової поверхні до фази максимальної інтенсивності фотосинтезу, що сприяє швидкому закриттю міжрядь, затіненню та пригніченню бур'янів.

Ефективність використання азоту буряками залежить від рівня забезпеченості іншими елементами живлення, біологічних особливостей сорту та умов вирощування. Багато дослідників вважають, що оптимальна верхня межа азотного живлення ще не встановлена [41, 42].

Проте надмірні дози азоту негативно впливають на розвиток проростків і їх стійкість до несприятливих чинників, особливо за аміачного живлення. У подальшому однобічне азотне живлення призводить до зменшення вмісту пектинових речовин у листі, що погіршує водоутримну здатність клітин і знижує посухостійкість та стійкість до деяких захворювань.

У другій половині вегетації надлишок азоту спричиняє надмірний ріст листового апарату за рахунок зменшення маси коренеплодів. Одночасно в коренеплодах зменшується накопичення цукру, збільшується вміст загального і розчинного азоту та золи, що погіршує технологічну якість сировини.

Крім того, підвищене споживання азоту знижує стійкість тканин рослин до хвороб. Дослідження показали, що кожне перевищення норми азоту на 10% призводить до зменшення збору цукру на 21,8 кг/га [41]. У зв'язку з цим у незрошуваних умовах рекомендується припиняти внесення азотних добрив після утворення у рослин 10 справжніх листків [41, 43].

Співвідношення поживних елементів у добривах відіграє ключову роль у системі живлення цукрових буряків. Ефективність окремих добрив значною мірою визначається типом ґрунту. Так, найбільший приріст урожаю буряків від застосування азотних добрив спостерігається на дерново-підзолистих, опідзолених ґрунтах та вилугуваних чорноземах. Згідно з літературними даними, на сірих опідзолених ґрунтах за умов внесення 60 кг/га фосфорно-калійних добрив збільшення дози азоту до 30, 60, 90 і 120 кг/га призводило до послідовного зростання врожаю на 29, 44, 47 і 53 ц/га відповідно. Найбільший приріст (53 ц/га) досягнуто при дозі азоту 120 кг/га. На вилугуваних чорноземах оптимальною виявилася доза 90 кг/га, яка забезпечила приріст урожаю на 31 ц/га, тоді як на звичайних чорноземах збільшення норми азоту понад 60 кг/га суттєво не впливало на врожайність, забезпечуючи лише 18–20 ц/га додаткового врожаю [44, 45].

Фосфорні добрива виявляють найбільшу ефективність на чорноземних ґрунтах. При підвищенні норми фосфору з 60 до 120 кг/га приріст урожаю буряків на звичайних і вилугуваних чорноземах збільшувався з 25–27 до 29–37 ц/га, а на сірих лісових ґрунтах — з 21 до 25 ц/га [46].

Калій істотно впливає на формування врожаю буряків на сірих лісових ґрунтах. Застосування 60 кг/га азотно-фосфорних добрив у поєднанні з калієм призводило до приросту врожаю на 28 ц/га, тоді як на чорноземах звичайних і вилугуваних цей показник становив лише 15–23 ц/га. Незважаючи на те, що більшість орних земель добре або середньо забезпечені обмінним калієм, знижувати норми калійних добрив не рекомендується, оскільки це може негативно позначитися на врожайності та цукристості буряків [44].

Найвищі врожаї цукрових буряків забезпечуються при внесенні комплексних добрив, що містять азот, фосфор і калій. Співвідношення цих елементів у ґрунті значною мірою залежить від місця розміщення буряків у сівозміні: у чергуванні із зайнятим паром на чорноземах звичайних зазвичай спостерігається нестача азоту і калію, тоді як у сівозмінах із багаторічними травами дефіцит фосфору [45].

Дослідження та досвід передових господарств свідчать, що внесення 22–25 ц/га мінеральних добрив є важливим чинником підвищення врожайності цукрових буряків і виробництва цукру. У Чернівецькій області на чорноземах опідзолених і лужних дотримуються співвідношення N:P:K – 1:1,3:1,2; на темно-сірих – 1:1:1; на сірих і дерново-підзолистих – на 1 кг азоту вносять 0,9 кг фосфору та 0,8 кг калію. Таку ж систему удобрення застосовують і в господарствах Івано-Франківської області [47].

У фермерському господарстві «Вигін» (Чортківський р-н, Тернопільська обл.) у 2002–2003 рр. В. Лопушняк, І. Пархуц та О. Сороцький на чорноземі опідзоленому після озимої пшениці та сорті буряку Уладівський однонасінний 35 встановили, що внесення 30 т/га органічних добрив і $N_{120}P_{150}K_{150}$ (з підживленням N_{30} у фазі 1–2 листків) забезпечує високу врожайність буряку (392 ц/га) та вихід цукру (72,5 ц/га) [48].

У зоні нестійкого зволоження, за даними Білоцерківської дослідно-селекційної станції, максимальна норма добрив на фоні 40 т/га гною становила 21,3 ц/га ($N_{160}P_{160}K_{160}$), що забезпечувало врожай коренеплодів 487–519 ц/га з вмістом цукру 18,5–19,3%. Подальше збільшення доз не підвищувало врожайності [49].

На Чернівецькій дослідній станції (1974–1980) внесення $N_{150}P_{90}K_{150}$ на фоні 30 т/га гною дало прибавку врожаю 147 ц/га. Видалення одного елементу живлення знижувало прибавку до 96–109 ц/га. Цукристість коренеплодів залежала від фону удобрення: на гної вона становила 16,3%, при додаванні $N_{150}P_{190}$ і $N_{150}P_{150}$ зменшувалась на 0,4–1,4 %, а при $P_{90}K_{150}$ – зростала на 0,7 %.

Таким чином, вилучення з повного мінерального удобрення калію чи особливо фосфору знижувало вміст цукру в коренеплодах, тоді як вилучення азоту сприяло його підвищенню. Збільшення дози окремих елементів понад одинарну норму підвищувало урожайність. Зокрема, при збільшенні азоту на 30 кг/га врожай зростав на 27 ц/га порівняно з $N_{150}P_{90}K_{150}$ [50].

Отже, аналіз літератури показує, що у сучасному буряківництві потрібно вдосконалювати систему удобрення з урахуванням ресурсо- та енергозбереження. Через дефіцит органічних добрив сьогодні їх майже не використовують, тому слід приділяти увагу розрахованим нормам мінеральних добрив для отримання запланованих урожаїв.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Господарсько-біологічна характеристика гібриду Манаті

У дослідженні використано гібрид ***Манаті (Manati)*** селекції SESVANDERHAVE — сучасний високопродуктивний гібрид цукрового буряку типу SMART N, рекомендований для вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. Гібрид занесений до Реєстру сортів рослин України у 2024 році, що підтверджує його адаптованість до кліматоґрунтових умов регіону. Основними відмінними рисами Манаті є високий генетичний потенціал урожайності, стабільна технологічна якість коренеплоду та відмінна стійкість до комплексу хвороб і несприятливих умов вирощування.

Рослини гібриду характеризуються високою енергією проростання та доброю польовою схожістю, що забезпечує рівномірні сходи й формування вирівняних посівів. Коренеплід має правильну конічно-циліндричну форму з оптимальною заглибленістю в ґрунт (80–85 %), що значно знижує механічні пошкодження при збиранні врожаю та забезпечує його високу товарність. Потенціал урожайності коренеплодів становить понад 80 т/га за сприятливих умов та належного рівня агротехніки, а вміст цукру — 17–18 %, що робить цей гібрид високоефективним для промислової переробки на цукрових заводах.

Манаті має підвищені показники стійкості до основних збудників хвороб цукрового буряку: ризоманія — 9 балів, нематода — 9, кореневі гнилі — 8, церкоспороз — 7 балів. Такі показники дають змогу отримувати стабільні врожаї навіть за підвищеного фітопатогенного навантаження. Окрім того, гібрид вирізняється високою посухостійкістю (8 балів), що є важливою перевагою для умов Компаніївського району Кіровоградської області, де в окремі роки спостерігається дефіцит вологи в ґрунті в критичні фази розвитку рослин. Стійкість до стрілкування та рівномірне дозрівання коренеплодів сприяють зниженню втрат під час збирання та зберігання.

Гібрид Манаті особливо ефективно реагує на оптимізоване мінеральне живлення, зокрема на застосування азоту в поєднанні з фосфорно-калійними добривами. Підвищення норми азоту в межах агрономічно обґрунтованих доз забезпечує приріст урожайності коренеплодів та виходу цукру з одиниці площі, що повністю відповідає завданням дослідження продуктивності цукрових буряків залежно від рівня мінерального живлення. Завдяки високому потенціалу адаптивності, Манаті рекомендований для вирощування на чорноземах вилугуваних та легкосуглинкових ґрунтах, характерних для зони дослідження.

Отже, використання гібриду Манаті у виробничих і дослідних посівах дозволяє реалізувати генетичний потенціал культури та забезпечити стабільно високий рівень урожайності та цукристості навіть за мінливих погодних умов, що робить його оптимальним об’єктом для вивчення у межах даної магістерської роботи [51, 52].

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Ґрунтово-кліматична характеристика території досліджень

Дослідні ділянки розміщені в межах ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївський район Кіровоградська область. Територія господарства належить до зони Правобережного Лісостепу України та характеризується наявністю родючих ґрунтів, що сприятливі для вирощування буряків цукрових. Основний ґрунтовий покрив представлений чорноземами типовими малогумусними середньосуглинковими на лесовидних суглинках. Ці ґрунти формуються під багаторічною трав'янистою рослинністю в умовах помірного зволоження, мають добре виражену зернисту структуру та високий агрономічний потенціал.

Морфологічна характеристика ґрунтового профілю чорнозему типового:

- Н (0–30 см) — гумусовий горизонт темно-сірого кольору, пухкий, добре структурований, з високим вмістом гумусу. Коренева система сільськогосподарських культур розвивається рівномірно по всій глибині горизонту.
- Нр (30–45 см) — перехідний горизонт, темно-сірий з бурим відтінком, середньої щільності, з меншою кількістю органічної речовини, але з вираженою структурністю.
- Р (45–80 см) — горизонт вилуговування, світло-бурий, щільніший, зі слідами оглеєння, менш родючий, але з добрими водопроникними властивостями.
- С (80 см і глибше) — материнська порода — лесовидний суглинок, світло-жовтого кольору, з щільною структурою, слабко проникний для коренів.

За агрохімічними показниками чорноземи типові цього регіону належать

до нейтральних або слабколужних ґрунтів з pHKCl у межах 6,5–7,2, що є оптимальним для вирощування цукрових буряків. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 3,8–4,2 %, що забезпечує високий рівень природної родючості. Гідролітична кислотність низька — 0,8–1,4 мг-екв на 100 г ґрунту, а вміст увібраних катіонів високий, переважає кальцій (Ca^{2+}) — 22–28 мг-екв на 100 г ґрунту, обмінний магній (Mg^{2+}) — 3,5–4,5 мг-екв на 100 г ґрунту. Ступінь насиченості основами перевищує 90 %, що свідчить про сприятливі умови для росту кореневих систем і засвоєння поживних речовин.

Ґрунти добре забезпечені елементами живлення. Вміст легкогідролізованого азоту становить 90–120 мг/кг, рухомого фосфору — 80–100 мг/кг, обмінного калію — 100–150 мг/кг ґрунту, що відповідає середньому та високому рівню забезпеченості. Водно-фізичні властивості чорноземів типових сприяють розвитку потужної кореневої системи цукрових буряків: оптимальна щільність складання орного шару — 1,1–1,3 г/см³, водопроникність висока, а вологомісткість забезпечує рівномірне забезпечення рослин вологою протягом вегетаційного періоду.

Завдяки високій природній родючості та сприятливим фізико-хімічним показникам чорноземи типові середньосуглинкові Компаніївського району є одними з найкращих ґрунтів для вирощування цукрових буряків, забезпечуючи формування високопродуктивних посівів навіть за нестабільних погодних умов.

3.2. Кліматичні умови регіону проведення досліджень у 2025 році

Для характеристики метеорологічних умов вегетаційного періоду цукрових буряків у 2025 році використано дані метеорологічної станції, розташованої поблизу території проведення досліджень у Компаніївському районі Кіровоградської області. Даний регіон належить до зони Правобережного Лісостепу України та характеризується помірно континентальним кліматом із теплим літом і відносно м’якою зимою.

Погодні умови 2025 року були контрастними та характеризувалися нестабільним температурним режимом і нерівномірним розподілом опадів протягом вегетаційного періоду, що мало безпосередній вплив на ріст, розвиток і формування урожайності цукрових буряків (табл. 1).

Таблиця 1

Середньомісячна температура повітря та кількість опадів за вегетаційний період цукрових буряків у 2025 році (ФГ «Непокритий Д.М.»)

Місяць	Середньомісячна температура, °C	Опади, мм	Середньомісячна температура за багаторічними даними, °C	Опади за багаторічними даними, мм
Квітень	12,5	45	10,8	42
Травень	16,7	38	15,6	49
Червень	23,4	28	20,2	62
Липень	25,9	33	22,5	66
Серпень	22,1	41	21,3	53
Вересень	17,6	52	16,9	46
У середньому / Разом	—	237	—	318

Примітка: дані метеорологічної станції Компаніївського району Кіровоградської області, 2025 рік.

Весна 2025 року була прохолодною на початку квітня з поступовим підвищенням температури в другій половині місяця. Перехід середньодобових температур через +10 °C відбувся у другій декаді квітня, що дало змогу провести сівбу цукрових буряків у оптимальні строки. Опади в квітні були близькі до багаторічних норм, що забезпечило достатню вологість орного шару ґрунту та сприяло дружним сходам культури.

У травні спостерігалося незначне підвищення температури (середньодобова температура становила 15–18 °С), опади випадали переважно у вигляді короткочасних дощів, тому вологозабезпеченість залишалася на середньому рівні. Початкова фаза росту цукрових буряків проходила в досить сприятливих умовах.

Погодні умови червня були складнішими: спостерігався дефіцит ефективних опадів, що в поєднанні з підвищенням температури повітря до 28–32 °С призвело до ґрунтової посухи в другій половині місяця. Цей період збігся з фазою інтенсивного росту коренеплодів, що створило певний водний стрес для рослин.

У липні погода була спекотною — середньодобова температура становила 25–27 °С, у окремі дні піднімалася до 35 °С. Кількість опадів була нижчою за середню багаторічну норму, а дощі носили зливовий характер. Високі температури зумовили посилене випаровування вологи з поверхні ґрунту та зниження водного балансу в посівах.

Серпень відзначався стабільною теплою погодою з поодинокими дощами. Хоча дефіцит опадів частково зберігався, зниження температури наприкінці місяця пом’якшило негативний вплив літньої спеки. Завдяки глибокому проникненню кореневої системи цукрових буряків у вологіші горизонти ґрунту, культура змогла відносно добре перенести літню посуху.

Загалом погодні умови 2025 року для вирощування цукрових буряків у Компаніївському районі можна охарактеризувати як помірно посушливі, з достатнім зволоженням на початку вегетації та дефіцитом вологи в середині літа. Основними лімітуючими факторами були нерівномірність випадання опадів та високі температури у червні–липні. Такі умови вимагають оптимізації системи мінерального живлення та агротехнічних прийомів для збереження ґрунтової вологи, що є важливим для стабільного формування урожайності та якості цукрових буряків у регіоні.

3.3. Схема досліду

Польові дослідження проводили у 2024–2025 рр. в умовах ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївського району Кіровоградської області з метою вивчення впливу різних норм та співвідношень мінерального живлення на продуктивність буряку цукрового. Об’єктом дослідження був районований для зони Правобережного Лісостепу України високопродуктивний гібрид Manati, який характеризується високим потенціалом урожайності та адаптивністю до кліматo-ґрунтових умов регіону.

Схема досліду включала п’ять варіантів живлення:

1. Контроль — без добрив;
2. $N_{100}P_{100}K_{110}$;
3. $N_{120}P_{120}K_{140}$;
4. $N_{140}P_{140}K_{170}$;
5. $N_{160}P_{160}K_{200}$ — розрахункова норма для одержання 500 ц/га коренеплодів.

Азотні добрива у вигляді аміачної селітри (34 %) у варіантах 3, 4 та 5 вносили в передпосівну культивацію в дозах N_{60}, N_{80} та N_{100} відповідно. Додаткове підживлення у фазі 4-ї пари справжніх листків проводили аміачною селітрою в дозі N_{40}.

Для забезпечення потреб культури у фосфорі використовували гранульований суперфосфат (19 %), який вносили трьома етапами: під час сівби — 19 кг/га; у передпосівну культивацію — 38 кг/га; решту дози — восени під зяблеву оранку.

Калійні добрива у вигляді калійної солі (40 %) застосовували восени під основний обробіток ґрунту (70–120 кг/га), а також частково (40 кг/га) — навесні під передпосівну культивацію.

Досліди закладали у чотирьохкратній повторності. Загальна площа однієї облікової ділянки становила 150 м², облікова — 100 м². Розміщення варіантів у полі — рендомізоване. Посів буряків здійснювали згідно з агротехнічними вимогами для зони Лісостепу України.

Загалом така схема досліду дозволяє об’єктивно оцінити ефективність різних норм мінерального живлення та визначити їх вплив на формування врожайності та якості коренеплодів цукрового буряку в умовах Кіровоградської області.

3.4. Агротехніка вирощування буряків цукрових на дослідній ділянці

Буряк цукровий — культура, що відзначається високими вимогами до агротехнічних умов вирощування, зокрема до попередників, родючості ґрунту та забезпечення вологою. У проведених дослідженнях культура була розміщена після озимої пшениці, вирощеної в ланці з багаторічними бобовими травами одного року використання, що сприяло збагаченню ґрунту на азот та покращенню його структури. Після збирання озимої пшениці висівали редьку олійну як сидеральну культуру. За сприятливих погодних умов (сума активних температур 800–1000 °С та кількість опадів 160–200 мм) вона забезпечувала урожай зеленої маси на рівні близько 150 ц/га. Її удобрювальна цінність становила: азот — 2,2 %, фосфор — 0,7 %, калій — 0,8 %, кальцій — 0,7 % і магній — 0,4 %.

Зважаючи на те, що основна маса коренеплодів формується в орному шарі, особливу увагу приділяли якості обробітку ґрунту. Було застосовано поліпшену систему обробітку: дворазове лущення стерні — дисковими лущильниками ЛДГ-10 (5–6 см) під кутом 30–45°, а згодом лемішними лущильниками ППЛ-5-25 (12–14 см) у комплексі з важкими боронами. Після внесення органічних і мінеральних добрив проводили зяблеву оранку на глибину 28–32 см плугами ПЛН-5-35. Весняне боронування здійснювали важкими боронами БЗТС-1,0, що сприяло збереженню вологи та вирівнюванню поверхні поля.

Передпосівний обробіток поєднували із сівбою, розрив між ними не перевищував 30 хвилин, що запобігало пересиханню верхнього шару ґрунту та забезпечувало дружні сходи. Використовували насіння гібриду буряку

цукрового Manati з лабораторною схожістю не менше 90 % та однорostковістю понад 95 %. Висівали 1,5 посівних одиниць, каліброваних за розмірами (3,5–5,5 мм), пунктирним способом з міжряддями 45 см, на глибину 2–3 см. Сівбу проводили у першій декаді квітня за температури ґрунту 5–6 °С.

Мінеральні добрива вносили за схемою досліду: N100–160P100–160K110–210 — в основне удобрення, при сівбі та підживленнях. Основний обробіток добрив здійснювали восени під оранку, фосфорні — під час сівби, а азотні — частково у вигляді підживлення у фазі 4 пари справжніх листків.

Догляд за посівами включав досходове боронування посівними боронами ЗБП-0,6 через 4–5 днів після сівби та післясходове боронування у фазі 1–2 пар справжніх листків. Міжрядний обробіток (шаровку) виконували культиваторами УСМК-5,4 з глибиною обробітку 2–4 см. Густоту стояння рослин формували вручну. Розпушування міжрядь проводили двічі — на глибину 10–12 см (перше) та 7–14 см (друге).

Для контролю бур’янів застосовували комбіновану систему гербіцидів: перше внесення — у фазі сім’ядоль–2 листки: Карібу (30 г/га) + Бетанал Прогрес ОФ (0,7 л/га) + Тренд 90 (200 мл/га); друге внесення — у тій же фазі та нормі. Захист від шкідників забезпечували обробкою препаратом Бі-58 новий (0,5–1,0 л/га), а від хвороб — препаратом Рекс (0,5 л/га).

Збирання врожаю коренеплодів на дослідних ділянках проводили вручну у фазі технічної стиглості.

3.5. Методика проведення досліджень

Дослідження проводили на дослідних ділянках ФГ «Непокритий Д.М.» у 2025 році з метою вивчення продуктивності буряку цукрового залежно від різних норм мінерального живлення. Вегетаційний період культури супроводжувався систематичними фенологічними спостереженнями за ростом і розвитком рослин. За початок настання кожної фази вегетації приймали день, коли її ознаки спостерігались у 10–15 % рослин, а за повне настання фази — день, коли вона відмічена у ≥75 % рослин. Для буряку цукрового відмічали

основні фази: посів, сходи, вилочку листків, потовщення кореня та збирання врожаю.

Площу листків визначали за методикою В.І. Камчатного [53], що дозволяє оцінити фотосинтетичну активність рослин та їх потенціал формування врожаю. До закладки польового досліду та перед збиранням врожаю відбирали ґрунтові зразки з орного шару, у яких визначали вміст лужногідролізованого азоту за методом Корнфільда, рухомого фосфору та обмінного калію за методикою Чирікова [54].

Облік урожаю проводили суцільним методом. Урожай з кожної ділянки збирали та зважували окремо, що забезпечувало точність даних. Отримані урожайні показники обробляли дисперсійним методом для виявлення достовірної різниці між варіантами досліду з використанням стандартних математичних методик [54].

Вміст цукру в коренеплодах визначали оптичним методом на цукрометрі Кудрявцева [54], що дозволяє оцінити технологічну якість продукції. Економічну ефективність внесення різних норм мінеральних добрив визначали за методикою, рекомендованою для польових досліджень [55], а енергетичну ефективність — за методикою Медведовського О.К. та Іваненка П.І. [56].

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив мінеральних добрив на агрохімічні властивості ґрунту

Раціональне використання мінеральних добрив є одним з найважливіших факторів підвищення родючості ґрунтів і формування стабільних урожаїв цукрових буряків. Після внесення добрив у ґрунтове середовище відбуваються складні фізико-хімічні та біологічні процеси, які змінюють розчинність поживних речовин, їхню мобільність у ґрунтовому профілі та доступність для рослин. Інтенсивність цих процесів значною мірою визначається типом і властивостями ґрунту, кліматичними умовами вегетаційного періоду та розчинністю самих добрив.

Трансформація поживних речовин може мати як позитивний вплив — шляхом забезпечення рослин елементами живлення в доступній формі, так і негативний — у разі втрат азоту через вимивання чи денітрифікацію, фіксацію фосфору або калію у важкорозчинні сполуки. Крім забезпечення рослин елементами живлення, мінеральні добрива впливають на агрохімічні властивості ґрунту — змінюють реакцію ґрунтового розчину, активізують мікробіологічні процеси, сприяють мобілізації елементів живлення з важкодоступних сполук [50, 52].

Мобілізація елементів живлення в різних ґрунтах проходить з різною інтенсивністю і залежить від складу сполук, кліматичних умов, гранулометричного складу ґрунту та рівня агротехнічного обробітку. За відсутності внесення добрив природний запас рухомих форм поживних речовин не завжди може забезпечити високий рівень урожайності цукрових буряків, особливо в умовах інтенсивного землеробства [56].

Для оцінки змін у вмісті основних елементів живлення в ґрунті в ході досліду було проведено агрохімічний аналіз зразків до закладки польового досліду (весна 2025 р.) та перед збиранням урожаю (осінь 2025 р.). Результати

наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив мінеральних добрив на агрохімічні властивості ґрунту, мг/кг ґрунту

Варіант досліду	Лужногідролізований азот	Рухомий фосфор	Рухомий калій
	до закладки польового досліду		
	120	80	130
	перед збиранням врожаю		
Контроль — без добрив	105	67	117
$N_{100}P_{100}K_{110}$	117	107	69
$N_{120}P_{120}K_{140}$	119	109	72
$N_{140}P_{140}K_{170}$	122	111	75
$N_{160}P_{160}K_{200}$	125	113	78

Як видно з наведених даних, у контрольному варіанті, де добрива не вносили, спостерігалося зниження вмісту лужногідролізованого азоту з 120 до 105 мг/кг, рухомого фосфору — з 80 до 67 мг/кг та обмінного калію — зі 130 до 117 мг/кг ґрунту. Це пояснюється природним виносом елементів живлення з урожаєм та мінералізацією органічної речовини без додаткового їх поповнення.

Натомість у варіантах із внесенням мінеральних добрив спостерігалося підвищення вмісту доступних форм азоту, фосфору та калію. Так, у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$ показники вмісту поживних речовин перед збиранням урожаю становили: азоту — 125 мг/кг, фосфору — 113 мг/кг, калію — 78 мг/кг. Це відповідно на 8, 11 і 10 мг/кг більше порівняно з контролем.

Отримані результати підтверджують, що систематичне внесення мінеральних добрив сприяє не лише підвищенню врожайності цукрових буряків, а й підтриманню оптимального рівня забезпеченості ґрунту елементами живлення протягом вегетаційного періоду. Це створює сприятливі

умови для росту і розвитку культури та формування стабільного врожаю високої якості.

4.2. Проходження фаз вегетації залежно від удобрення

Буряк цукровий унікальний серед польових культур за специфікою росту і розвитку, що потребує ретельного врахування при організації агротехнічних заходів. Вегетаційний розвиток рослин включає етапи, фази та міжфазні періоди, які відображають органоутворювальні процеси, формування продуктивності та вимоги рослин до умов середовища. Визначення закономірностей проходження фаз є важливим для планування внесення мінеральних добрив і підвищення врожайності [57].

На ранніх фазах розвитку буряки цукрові активно засвоюють фосфор, менше – азот та значну кількість калію [58]. У 2025 році в ФГ «Непокритий Д.М.» (Компаніївський район, Кіровоградська область) проведено фенологічні спостереження за ростом і розвитком буряку цукрового гібриду «Манаті» залежно від рівня мінерального живлення.

Дані про проходження фаз вегетації подано в таблицях 3 і 4 Вони відображають дату сходів, фазу вилочки, фазу потовщення коренеплодів та строки збирання, залежно від рівня внесення добрив.

Таблиця 3

Вплив норм мінеральних добрив на проходження фаз росту й розвитку буряків цукрових гібриду «Манаті» у 2025 році (ФГ «Непокритий Д.М.»)

Варіант досліду	Дата проходження фаз вегетації				
	сівба	сходи	фаза вилочки	фаза потовщення коренеплодів	збирання
Контроль — без добрив	18.04	6.05	13.05	11.09	20.10
$N_{100}P_{100}K_{110}$	18.04	5.05	14.05	10.09	20.10
$N_{120}P_{120}K_{140}$	18.04	5.05	14.05	12.09	20.10
$N_{140}P_{140}K_{170}$	18.04	4.05	15.05	13.09	21.10
$N_{160}P_{160}K_{200}$	18.04	4.05	16.05	14.09	21.10

Внесення підвищених норм мінеральних добрив $N_{160}P_{160}K_{200}$ дещо продовжувало проходження фаз вегетації порівняно з контролем і середніми варіантами. Посів гібриду буряку цукрового «Тапір» проводили 18 квітня 2025 року. На контролі сходи з'явились 6 травня, а у варіантах з підвищеними нормами добрив ($N_{140–160}P_{140–160}K_{170–200}$) сходи з'явились на 2 доби раніше – 4 травня. Фаза вилочки у цих варіантах відмічалась на 1–2 дні пізніше, ніж у контрольному варіанті, а фаза потовщення коренеплодів також мала тенденцію до невеликого подовження терміну. Збирання буряків проводилось 21 жовтня 2025 року.

В таблиці 4 показано вплив різних норм мінеральних добрив на проходження фаз вегетації у 2025 році.

Таблиця 4

Вплив норм мінеральних добрив на проходження фаз росту й розвитку буряків цукрових у 2025 році (середні дати по варіантах)

Варіант досліду	Дата проходження фаз вегетації				
	сівба	сходи	фаза вилочки	фаза потовщення коренеплодів	збирання
Контроль — без добрив	18.04	6.05	13.05	11.09	20.10
$N_{100}P_{100}K_{110}$	18.04	5.05	14.05	10.09	20.10
$N_{120}P_{120}K_{140}$	18.04	5.05	14.05	12.09	20.10
$N_{140}P_{140}K_{170}$	18.04	4.05	15.05	13.09	21.10
$N_{160}P_{160}K_{200}$	18.04	4.05	16.05	14.09	21.10

Як видно з даних таблиці 4, підвищення рівня мінеральних добрив сприяло прискоренню появи сходів та дещо подовжувало наступні фази розвитку, що відображає збалансоване живлення рослин і оптимізацію процесів формування коренеплодів.

4.3. Вплив удобрення на масу коренів буряків цукрових

Аналіз впливу рівнів мінерального живлення на динаміку наростання маси коренеплодів буряку цукрового гібриду «Манаті» засвідчив, що удобрення є визначальним чинником у формуванні продуктивності культури. Отримані дані (табл. 5) свідчать, що вже на початку активного росту (15 липня) між варіантами удобрення спостерігалася істотна різниця.

Так, середня маса коренеплодів у варіанті $N_{100}P_{100}K_{110}$ становила 53 г, тоді як за внесення $N_{120}P_{120}K_{140}$ цей показник зріс до 94 г, або на 41 г більше. Підвищення рівня мінерального живлення до норми N140P140K170 забезпечило збільшення маси коренеплодів до 116 г, що на 22 г (23,4%) більше порівняно з попереднім варіантом і у 4,1 раза перевищувало контроль (без добрив).

Максимальні показники приросту маси були зафіксовані у варіанті з внесенням $N_{160}P_{160}K_{200}$, де середня маса коренеплоду становила 155 г, що на 39 г більше порівняно з нормою $N_{140}P_{140}K_{170}$ і на 61 г більше, ніж у $N_{120}P_{120}K_{140}$. Така закономірність зберігалася протягом усього вегетаційного періоду.

Таблиця 5

Динаміка формування маси коренів буряку цукрового, г/рослину (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Дата визначення			
	15.07	15.08	15.09	15.10
Контроль — без добрив	28	124	155	220
$N_{100}P_{100}K_{110}$	53	200	225	265
$N_{120}P_{120}K_{140}$	94	258	280	310
$N_{140}P_{140}K_{170}$	116	405	450	520
$N_{160}P_{160}K_{200}$	155	520	565	641

Аналогічна тенденція зберігалася і під час другого та наступних визначень маси коренеплодів. Якщо за першого визначення (15.07) різниця між крайніми варіантами становила 127 г, то у другому (15.08) – 396 г, у третьому (15.09) – 410 г, а у четвертому (15.10) – 421 г. Це вказує на стабільний вплив рівня удобрення на темпи наростання біомаси коренеплодів упродовж усієї вегетації.

На час збирання врожаю середня маса коренеплодів у варіантах досліду коливалася від 220 г у контролі до 641 г у варіанті з максимальною нормою удобрення, що становить збільшення у 4,1–5,2 раза. Отже, підвищення рівня мінерального живлення сприяло інтенсивнішому росту та накопиченню маси коренеплодів, що є важливою передумовою для формування високої урожайності буряку цукрового гібриду «Манаті» в умовах Правобережного Лісостепу України.

4.4. Маса листків буряків цукрових залежно від удобрення

Наростання листкової маси буряку цукрового гібриду «Манаті» відбувається безперервно впродовж усього вегетаційного періоду, однак динаміка її формування має певні закономірності. У період інтенсивного росту, що припадає на липень–серпень, спостерігається активне збільшення площі листкової поверхні та біомаси гички, яка досягає свого максимуму в серпні. Надалі, починаючи з другої половини серпня, процеси старіння і відмирання листків поступово переважають над утворенням нових, що призводить до зменшення загальної маси надземної частини рослин (табл. 6).

Як зазначає професор М.І. Орловський [59], у першій половині вегетації маса листків часто у кілька разів перевищує масу коренів, тоді як наприкінці вегетації співвідношення між цими органами змінюється — переважає маса коренеплодів. У середньому це співвідношення становить 1,0 : 0,55, що підтверджується і результатами наших досліджень.

Таблиця 6

Динаміка формування маси листків буряку цукрового, г/рослину (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Дата визначення			
	15.07	15.08	15.09	15.10
Контроль — без добрив	150	240	255	205
$N_{100}P_{100}K_{110}$	235	385	398	310
$N_{120}P_{120}K_{140}$	320	500	523	410
$N_{140}P_{140}K_{170}$	465	615	640	520
$N_{160}P_{160}K_{200}$	585	705	691	650

Отримані результати свідчать, що в усіх варіантах досліду маса листків зростала до 15 серпня, після чого спостерігалося поступове зниження внаслідок природного старіння рослин. На момент збирання врожаю маса листків зменшилася в середньому на 15–18% порівняно з піковими значеннями.

Найвищу надземну масу сформовано у варіанті з внесенням $N_{160}P_{160}K_{200}$, де маса листків на 15 вересня становила 691 г/рослину, що на 436 г більше порівняно з контролем (без добрив). Зменшення рівня мінерального живлення азоту на 20 кг/га, фосфору — на 20 кг/га, калію — на 30 кг/га сприяло зниженню листоутворення та скороченню періоду активного фотосинтезу.

Достатнє забезпечення рослин елементами живлення позитивно впливало не лише на накопичення маси листків, а й на їх функціональну довговічність. Зокрема, у варіанті без удобрення маса листків до кінця вегетації зменшилася на 35 г/рослину, тоді як у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$ – лише на 55 г, що свідчить про кращий фізіологічний стан рослин і продовження їх асиміляційної діяльності.

Отже, підвищення рівня мінерального живлення до $N_{160}P_{160}K_{200}$ забезпечило найкращу динаміку формування листкової маси, сприяло тривалішому збереженню фотосинтетично активної поверхні та створило

передумови для накопичення більшої маси коренеплодів і підвищення урожайності буряку цукрового гібриду «Манаті» в умовах ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївського району Кіровоградської області.

4.5. Вплив удобрення на площу листків буряків цукрових

Врожайність буряку цукрового значною мірою визначається розмірами та продуктивністю роботи основної фотосинтезуючої системи — листкового апарату, який забезпечує формування пластичних речовин для росту та розвитку коренеплодів. Як зазначає А.А. Ничипорович (1961), площа листків повинна якнайшвидше досягати оптимальних розмірів і зберігати їх максимально довго, забезпечуючи безперервний процес фотосинтезу. Інтенсивність утворення листків та тривалість їх життєдіяльності безпосередньо впливають на динаміку наростання листкової поверхні.

Результати наших досліджень (табл. 7) свідчать, що площа листків буряку цукрового гібриду «Манаті» змінювалася пропорційно до їх маси, досягаючи максимальних показників у середині серпня. Залежно від варіанту удобрення максимальна площа листків становила від 1850 до 5430 см²/рослину. Починаючи з вересня, площа листкової поверхні поступово зменшувалася через природне старіння та відмирання листків, що є закономірним для культури в цей період вегетації.

Таблиця 7

Динаміка формування площі листків буряку цукрового залежно від удобрення, см²/рослину (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Дата визначення			
	15.07	15.08	15.09	15.10
Контроль — без добрив	1120	1850	1608	1435
$N_{100}P_{100}K_{110}$	1620	2860	2410	2100
$N_{120}P_{120}K_{140}$	2290	3665	3205	2780
$N_{140}P_{140}K_{170}$	3205	4515	3960	3350
$N_{160}P_{160}K_{200}$	4375	5430	5160	4885

Як видно з таблиці, максимальна площа листків спостерігалася 15 серпня, після чого у всіх варіантах досліду фіксувалося зменшення цього показника. Найвищі значення протягом вегетації відзначено у варіанті з внесенням $N_{160}P_{160}K_{200}$, де площа листків сягала 5430 см²/рослину, що на 3580 см² більше порівняно з контролем. Зменшення норми внесення поживних елементів призводило до скорочення листкової поверхні та зменшення тривалості її активного функціонування.

До збирання врожаю площа листків у контрольному варіанті знизилася на 415 см²/рослину (22,4%), тоді як у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$ — лише на 545 см²/рослину (10,0%). Це свідчить, що збалансоване мінеральне живлення не лише стимулює наростання листкової поверхні, а й продовжує її довговічність.

Якщо у варіантах із повним мінеральним удобренням площа листків зменшилася в межах 9,7–21,3%, то без удобрення цей показник сягнув 37,8%, що свідчить про передчасне відмирання листків та скорочення асиміляційного періоду.

Отже, повне мінеральне удобрення в нормі $N_{160}P_{160}K_{200}$, розраховане на програмований урожай 500 ц/га, забезпечило найкращу динаміку формування листкового апарату, сприяло тривалішому збереженню фотосинтетично активної поверхні та створило оптимальні умови для накопичення врожаю буряку цукрового гібриду «Манаті» в умовах ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївського району Кіровоградської області.

4.6. Вплив удобрення на врожайність та якість буряків цукрових

Мінеральне живлення є одним із ключових факторів підвищення продуктивності та якості буряків цукрових. Для цієї культури характерне значне винесення елементів живлення з ґрунту, насамперед азоту, фосфору та калію, причому потреба в них змінюється впродовж вегетаційного періоду. Раціональне удобрення сприяє активному росту листкового апарату, інтенсивному накопиченню біомаси та формуванню високої врожайності коренеплодів з оптимальними технологічними властивостями.

У 2025 році врожайність буряків цукрових визначалася суцільним методом — шляхом зважування коренеплодів з облікової ділянки площею 100 м². Дослідження проводили на фоні природної родючості чорнозему типового середньогумусного в умовах Компаніївського району. Гібрид — Манаті.

Упродовж вегетаційного періоду 2025 року погодні умови були в цілому сприятливими для росту й розвитку буряків. Весняний період характеризувався помірним зволоженням і середньодобовими температурами вище норми, що забезпечило дружні сходи та швидке формування розетки листків. Літні місяці мали стабільний температурний режим з короткочасними опадами, що позитивно вплинуло на інтенсивність фотосинтетичної діяльності та накопичення біомаси. Нестача вологи у вересні дещо прискорила фізіологічне достигання коренеплодів, однак істотно не знизила продуктивність.

Урожайність буряків цукрових істотно залежала від рівня мінерального удобрення (табл. 8).

Таблиця 8

Вплив рівня мінерального удобрення на урожайність буряків цукрових, ц/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Урожайність, ц/га			Приріст до контролю	
	2024 р.	2025 р.	Середнє 2024-2025 рр.	ц/га	%
Контроль — без добрив	256	262	259	–	–
$N_{100}P_{100}K_{110}$	375	384	380	121	46,7
$N_{120}P_{120}K_{140}$	427	440	434	175	67,6
$N_{140}P_{140}K_{170}$	467	478	473	214	82,6
$N_{160}P_{160}K_{200}$	494	506	500	241	93,1
$НІР_{05}$	*8,1*	*9,2*	–	–	–

Як видно з таблиці 8, найнижчу врожайність зафіксовано на контрольному варіанті — 259 ц/га. Застосування повного мінерального

удобрення сприяло істотному підвищенню продуктивності. Зокрема, за внесення $N_{160}P_{160}K_{200}$ урожайність збільшилася на 241 ц/га або 93,1 % порівняно з контролем. Проміжні варіанти удобрення також забезпечували стабільний приріст урожайності, що свідчить про тісний зв'язок між рівнем живлення та формуванням біологічного потенціалу гібриду Манаті.

Якість сировини для переробки визначалася вмістом цукру в коренеплодах і виходом цукру з 1 га (табл. 9). Підвищення дози добрив сприяло зростанню врожайності, однак дещо знижувало відсоток цукристості, що є типовою закономірністю при високих нормах азотного живлення.

Таблиця 9

Вплив мінеральних добрив на вміст та вихід цукру в буряках цукрових (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Урожайність, ц/га	Вміст цукру, %	Вихід цукру з 1 га, ц/га	Приріст цукру до контролю	
				ц/га	%
Контроль — без добрив	259	18,2	47,1	–	–
$N_{100}P_{100}K_{110}$	380	17,8	67,6	20,5	43,5
$N_{120}P_{120}K_{140}$	434	17,6	76,4	29,3	62,2
$N_{140}P_{140}K_{170}$	473	17,4	82,3	35,2	74,7
$N_{160}P_{160}K_{200}$	500	17,1	85,5	38,4	81,5

Найвищий вміст цукру (18,2 %) спостерігався у контрольному варіанті, тоді як за максимальної норми мінерального удобрення цей показник становив 17,1 %. Водночас вихід цукру з 1 га за N160P160K200 був найвищим — 85,5 ц/га, що перевищувало контроль на 38,4 ц/га (81,5 %).

З технологічної точки зору, оптимальним є поєднання високої врожайності та стабільної цукристості. Отримані результати свідчать, що застосування збалансованих норм мінерального удобрення забезпечує максимально можливий вихід цукру при мінімальних технологічних втратах.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Для ефективного ведення виробництва цукрових буряків важливим є не лише отримання високих показників урожайності, а й забезпечення економічної доцільності застосування добрив. У сучасних умовах ринкової економіки головним критерієм ефективності виробництва є не просто кількість вирощеної продукції, а її собівартість, рівень прибутковості та рентабельності виробництва. Саме тому визначення економічної та енергетичної ефективності різних рівнів мінерального живлення є необхідною складовою обґрунтування оптимальної системи удобрення культури.

Економічну ефективність використання мінеральних добрив під буряк цукровий визначали з урахуванням урожайності, витрат на придбання, транспортування та внесення добрив, а також вартості валової продукції. Розрахунки проводили на основі середніх показників урожайності за 2024–2025 рр. (табл. 10), що дозволило об’єктивно оцінити ефективність удобрення за різних погодних умов.

Аналіз економічних показників свідчить, що підвищення рівня мінерального живлення позитивно впливає на показники валової продукції та чистого прибутку (табл. 10). Вартість валової продукції на контрольному варіанті становила 39,86 тис. грн/га, тоді як за максимальної норми удобрення вона зросла до 76,85 тис. грн/га. Відповідно чистий прибуток підвищився з 12,76 тис. грн/га до 38,25 тис. грн/га, що підтверджує високу економічну доцільність застосування повного комплексу мінеральних добрив.

Таблиця 10

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

Варіант досліду	Урожайність з 1 га, т	Вартість валової продукції, грн/га	Вартість приросту, грн/га	Всього затрат, грн/га	Затрати на добрива та внесення, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %	Окупність 1 грн затрат на добрива
Контроль — без добрив	259	39860	–	27100	–	12760	47,1	–
$N_{100}P_{100}K_{110}$	380	58500	18640	34500	7400	24000	69,6	1,54
$N_{120}P_{120}K_{140}$	434	66770	26910	35900	8900	30870	86,0	2,07
$N_{140}P_{140}K_{170}$	473	72750	32890	37200	10400	35550	95,5	2,35
$N_{160}P_{160}K_{200}$	500	76850	36990	38600	11800	38250	99,1	2,42

Рівень рентабельності виробництва зростав пропорційно дозі внесення елементів живлення — від 47,1 % на контролі до 99,1 % у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$. Водночас окупність 1 грн витрат на добрива досягала 2,42 грн, що вказує на ефективність їх використання за оптимальних норм внесення. Дещо нижчі, але стабільно високі економічні результати спостерігали у варіанті $N_{140}P_{140}K_{170}$, де чистий прибуток становив 35,55 тис. грн/га, а рентабельність — 95,5 %. Отже, економічні розрахунки підтверджують, що застосування доз $N_{140–160}P_{140–160}K_{170–200}$ є найбільш ефективним у даних ґрунтово-кліматичних умовах.

Крім економічної, важливою є енергетична оцінка ефективності технології вирощування, яка характеризує співвідношення між енергією, накопиченою в урожаю, та сукупними енерговитратами на його формування. Розрахунки свідчать, що коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее) у контрольному варіанті становив 1,50, у варіантах з внесенням добрив — 1,73–1,88, що перевищує енергетичний поріг ефективності (Кее > 1,0). Найвищого значення Кее — 1,88 — досягнуто у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$, що свідчить про

максимальне використання потенціалу продуктивності культури при оптимальних витратах енергії.

Таблиця 11

Енергетична ефективність застосування мінеральних добрив (2025 р.)

Варіант досліду	Урожайність, ц/га	Енергоємність урожаю, МДж/га	Енерговитрати, МДж/га	Кее
Контроль — без добрив	262	66000	44000	1,50
$N_{100}P_{100}K_{110}$	384	96900	56000	1,73
$N_{120}P_{120}K_{140}$	440	110900	62000	1,79
$N_{140}P_{140}K_{170}$	478	120300	66000	1,82
$N_{160}P_{160}K_{200}$	506	127800	68000	1,88

Таким чином, результати проведених розрахунків підтверджують високу економічну та енергетичну ефективність застосування мінеральних добрив у вирощуванні буряку цукрового гібриду Манаті в умовах ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївського району Кіровоградської області. Найвищий економічний ефект досягається при внесенні мінеральних добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{200}$, що забезпечує отримання врожайності 500 ц/га, прибутковість понад 38 тис. грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності 1,88, що свідчить про високу раціональність і екологічну доцільність такої системи удобрення.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»

Фермерське господарство «Непокритий Д.М.» спеціалізується на вирощуванні цукрових буряків із застосуванням мінеральних добрив для підвищення врожайності. В умовах Правобережного Лісостепу України та специфіки підприємства особлива увага приділяється охороні праці та моделюванню виробничих небезпек під час внесення добрив, оскільки від дотримання безпечних технологій залежить не лише ефективність виробництва, а й здоров’я персоналу.

Особливості охорони праці при внесенні мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»

Працівники під час роботи з мінеральними добривами використовують захисний одяг, рукавички, окуляри та респіратори, що запобігає контакту з хімічними речовинами, пилом та токсичними випарами. Регулярний інструктаж із використання ЗІЗ є обов’язковим.

На підприємстві впроваджено системи контролю якості повітря у робочих зонах, де здійснюється внесення добрив. Забезпечено належну вентиляцію, регулярний огляд та технічне обслуговування обладнання для зменшення ризику механічних травм.

Працівники проходять щорічні навчання та інструктажі з безпечного використання обладнання та мінеральних добрив. Особлива увага приділяється пожежній безпеці, діям у разі аварійних ситуацій та порядку надання першої допомоги при контакті з хімікатами.

Мінеральні добрива можуть мати токсичний вплив, тому працівники, задіяні у внесенні добрив, проходять регулярний медичний огляд для раннього виявлення ознак отруєння або алергічних реакцій.

Моделювання небезпек у ФГ «Непокритий Д.М.» передбачає врахування специфіки виробничого процесу та характеру застосовуваних технологій:

Використання техніки для внесення добрив потребує оцінки можливих ризиків: несправність агрегатів, зношення деталей, неправильна експлуатація. Проводяться регулярні техогляди та навчання операторів.

Мінеральні добрива можуть викликати подразнення шкіри, слизових оболонок або токсичне ураження при утворенні пилу і випарів. Моделювання передбачає оцінку концентрації хімічних речовин у робочих зонах та прогнозування ризиків за умов підвищеної вологості або високих температур.

Важливо організувати безпечне зберігання добрив, особливо тих, що мають схильність до самозаймання. Розробляються плани евакуації та протипожежні заходи для зменшення ризику аварій.

Оцінюються ризики тривалої роботи в незручних позах та важкої фізичної праці під час внесення добрив, щоб зменшити ймовірність професійних захворювань.

Моделювання включає оцінку потенційного забруднення ґрунтів та водних ресурсів у разі неправильного внесення добрив і розробку заходів щодо їх мінімізації.

Приклад моделі виробничих небезпек для внесення мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»:

$НУ_1$ – Несправність або зношення техніки. Використання агрегатів із дефектами, що може призвести до аварійних ситуацій;

$НУ_2$ – Контакт з мінеральними добривами. Можливість подразнення шкіри, слизових оболонок або токсичного впливу;

$НД_1$– Робота оператора з несправним обладнанням. Ризик травмування кінцівок або попадання добрив на шкіру;

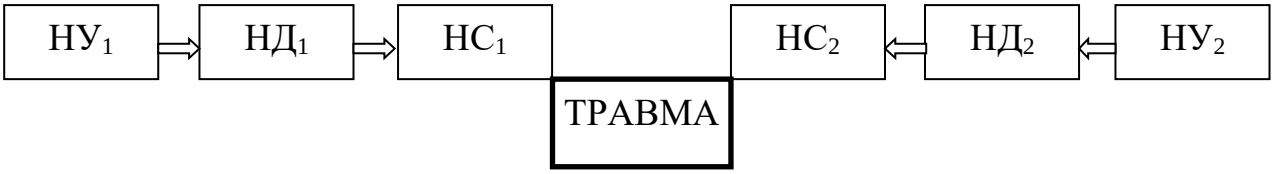
$НД_2$ – Відсутність ЗІЗ. Підвищення ризику контакту з хімічними речовинами та пилом;

$НС_1$ – Раптове вимкнення обладнання, розрив шлангів. Можливе ураження персоналу або пошкодження техніки;

$НС_2$ – Підвищена температура або вологість. Утворення токсичних випарів та пилу;

Т – Травмування оператора. Затискання кінцівок у механізмах або хімічне ураження.

Графічне зображення моделі виробничих небезпек демонструє взаємозв'язок між небезпечними умовами, діями, можливими ситуаціями та ризиком травмування персоналу.



ФГ «Непокритий Д.М.» повинно забезпечити високий рівень охорони праці під час внесення мінеральних добрив через:

- Обов'язкове використання ЗІЗ та регулярні інструктажі;
- Постійний контроль за станом обладнання та умовами праці;
- Моніторинг екологічних та токсичних ризиків;
- Планування заходів щодо мінімізації механічних, ергономічних та хімічних небезпек.

Завдяки комплексному підходу до охорони праці та моделюванню виробничих небезпек забезпечується безпека персоналу та стабільна ефективність виробництва цукрових буряків у господарстві.

6.2. Екологічна безпека при застосуванні мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.»

В умовах інтенсивного агровиробництва основним завданням є забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур при мінімальному впливі на навколишнє середовище. Особливо це стосується

вирощування цукрових буряків, які характеризуються високою потребою в поживних речовинах. Використання мінеральних добрив є невід'ємною складовою сучасних технологій, проте неправильне їх застосування може призвести до забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря, а також до негативного впливу на біорізноманіття.

Екологічно безпечні методи внесення добрив передбачають оптимізацію норм і строків внесення, використання спеціалізованої техніки та впровадження точного землеробства. Одним із основних підходів є сувора відповідність потребам рослин у поживних речовинах, що визначається на основі агрохімічного аналізу ґрунту та прогнозів врожайності. Такий підхід дозволяє уникнути надлишкового внесення азоту, фосфору та калію, які при надмірній концентрації здатні мігрувати у підземні води та викликати евтрофікацію водойм.

Серед ефективних технологій виділяють локальне внесення добрив, яке забезпечує доставку поживних речовин безпосередньо до зони розвитку кореневої системи рослини. Локальне внесення дозволяє знизити втрати елементів живлення, підвищити ефективність використання добрив і зменшити негативний вплив на ґрунтовий покрив. Додатково, застосування інжекторів та стрічкових розподільників дає змогу вносити добрива на точну глибину та у визначених дозах, що зменшує їх вимивання до водних ресурсів.

Не менш важливим є попереднє змішування мінеральних добрив із органічними компонентами, що сприяє поступовому вивільненню поживних речовин і зменшенню ризику накопичення токсичних сполук у ґрунті. Поєднання мінерального та органічного живлення також покращує структуру ґрунту, підвищує його водоутримуючу здатність та сприяє розвитку корисної мікрофлори.

Сучасні системи точного землеробства передбачають використання GPS-навігації, карт урожайності та датчиків вологості ґрунту, що дозволяє диференційовано вносити добрива по полю. Такий підхід забезпечує екологічну безпеку, економію ресурсів і підвищення продуктивності, оскільки

рослини отримують саме ту кількість поживних речовин, яка необхідна на конкретній ділянці.

Особливу увагу приділяють мінімізації пилу та аміачних випарів під час внесення азотних добрив. Для цього використовують ін’єкційні агрегати або поверхневе внесення з наступним закладенням у ґрунт. Крім того, дотримання режиму вологості ґрунту під час внесення зменшує втрати азоту та підвищує його доступність для рослин.

Екологічно безпечне внесення добрив також передбачає регулярний контроль за станом ґрунтів і водних ресурсів, що дозволяє своєчасно коригувати норми та способи внесення. Моніторинг включає визначення залишків мінеральних елементів у ґрунті, концентрації нітратів у підземних водах та оцінку біологічної активності ґрунту.

Таким чином, впровадження екологічно безпечних методів внесення мінеральних добрив у ФГ «Непокритий Д.М.» сприяє:

– підвищенню ефективності використання поживних речовин;

– зменшенню ризику забруднення ґрунтів і водних ресурсів;

– збереженню біологічного різноманіття агроекосистеми;

– забезпеченню стабільної високої врожайності цукрових буряків у довгостроковій перспективі.

Застосування таких методів є складовою сталого агровиробництва, де продуктивність культур поєднується з охороною навколишнього середовища та здоров’ям персоналу.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення наукової задачі з удосконалення системи удобрення з урахуванням гідротермічних умов на чорноземі типовому у ФГ «Непокритий Д.М.» Компаніївського району Кіровоградської області для підвищення продуктивності буряків цукрових гібриду «Манаті». Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати:

1. Внесення мінеральних добрив позитивно вплинуло на агрохімічні властивості ґрунту. Якщо до закладки польового досліду вміст лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та калію становив відповідно 120, 80 і 130 мг/кг ґрунту, то перед збиранням урожаю у варіанті $N_{160}P_{160}K_{200}$ ці показники збільшилися до 125, 113 та 78 мг/кг. Це підтверджує ефективність систематичного удобрення для підтримання родючості ґрунту.

2. Внесення підвищених норм мінеральних добрив вплинуло на проходження фенологічних фаз розвитку буряків цукрових. У варіантах з нормами $N_{140–160}P_{140–160}K_{170–200}$ сходи з’явилися на 2 доби раніше, а подальші фази розвитку — фаза вилочки та потовщення коренеплодів — відзначалися невеликим подовженням у порівнянні з контролем. Це свідчить про більш збалансоване живлення та сприятливі умови росту.

3. Найбільшу масу коренеплодів отримано у варіанті з внесенням $N_{160}P_{160}K_{200}$ — 155 г на рослину станом на 15 липня, що у 5,5 раза перевищувало контроль. Підвищення норм удобрення забезпечило активніше накопичення біомаси протягом усього вегетаційного періоду.

4. Під впливом мінеральних добрив значно зросли показники формування врожаю. Варіанти з вищими нормами удобрення ($N_{140}P_{140}K_{170}$ та $N_{160}P_{160}K_{200}$) забезпечили найкращі умови для росту та розвитку буряків, що виявилось у максимальній масі коренів та високому рівні агрохімічних показників ґрунту.

5. Застосування мінеральних добрив у технології вирощування буряків цукрових забезпечує суттєве підвищення врожайності, прибутковості та енергетичної ефективності виробництва: за внесення повної норми $N_{160}P_{160}K_{200}$ врожайність зростає до 500 ц/га, чистий прибуток — до 38,25 тис. грн/га, рентабельність — до 99,1 %, а коефіцієнт енергетичної ефективності — до 1,88, що свідчить про економічну доцільність та раціональність такої системи удобрення в умовах досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравченко В. А., Барабаш О. М. Вплив добрив на урожайність і якість цукрових буряків. Агрохімія і ґрунтознавство. 2018. № 2. С. 45–50.

2. Петренко С. П. Ефективність мінеральних добрив у вирощуванні буряків цукрових. Сільське господарство України. 2020. № 7. С. 32–36.

3. Гринчук П. О. Добрива і якість продукції цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2019. Т. 97, № 5. С. 28–31.

4. Шевченко Л. М. Оптимізація технологій вирощування цукрового буряку у Західному Лісостепу. Аграрна наука та практика. 2021. Т. 4, № 1. С. 20–25.

5. Глеваський І.В. Буряківництво: навч. посібник. К. : Вища школа, 1995. 319 с.

6. Іванчук В. П. Вплив систем удобрення в сівозміні на продуктивність цукрових буряків. Агроном. 2010. № 4. С. 80–81.

7. Білик Л. П., Костишин С. С. Агрохімія: Підручник. К.: Вища школа, 2012. 480 с.

8. Демидов О. В. Живлення і добриво сільськогосподарських культур. К.: Урожай, 2015. 512 с.

9. Соколов О. С. Добрива і врожай. К.: Аграрна освіта, 2013. 396 с.

10. Курило С. М. Основи агрономії: навчальний посібник. Київ, 2017. 350 с.

11. Підпала Т. О., Біланюк В. М. Агрохімічні основи підвищення родючості ґрунтів. Львів, 2019. 290 с.

12. Городній М.М. та ін. Агрохімія: підручник. К. : ТОВ „Алефа”, 2003. 778 с.

13. Лопушняк В.І., Шевчук М.Й., Полюхович М.М., Пархуць Б.І., Пархуць І.М. 555 запитань і відповідей з агрохімії та агрохімсервісу : навч.-довід. посіб. / за ред. В.І. Лопушняка. Львів : Простір М. 2018. 488 с.

14. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. К. : ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.

15. Кондратенко П. М. Азот у живленні рослин та його значення для підвищення урожайності сільськогосподарських культур. К. : Агроосвіта, 2019. 256 с.

16. Бублик М. І. Агрохімія : підручник / М. І. Бублик, І. І. Павлюк. К. : Вища освіта, 2017. 360 с.

17. Єрмаков П. І. Живлення рослин і удобрення сільськогосподарських культур. Х. : Основа, 2016. 284 с.

18. Докучаєв В. В. Вміст елементів живлення у ґрунтах України. Ґрунтознавство. 2018. № 2. С. 25–30.

19. Іванюк Г. В. Основи агрохімії. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 315 с.

20. Каштанов А. Н. Агрохімія: підручник. К. : Урожай, 2019. 472 с.

21. Шевчук В. О., Заяць С. М. Живлення і удобрення рослин. К. : Аграрна освіта, 2018. 380 с.

22. Щоткін В. Агротехнологія вирощування цукрового буряку. Пропозиція. 2001. № 2. С. 47–51.

23. Гнатенко О.Ф. Вітвицький С.В., Капштик М.В., Петренко Л.Р. Ґрунтознавство з основами геології: навч. посіб. К. : Оранта. 2005. 648 с.

24. Аграрна наука України: Енциклопедія / за ред. В.В. Медведя. К.: Академперіодика, 2009. 864 с.

25. Злобін Ю.А. Основи екології. К. : Лібра, 1998. 248 с.

26. Злобін, Ю.А. Фізіологія рослин: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2004. 382 с.

27. Підбір оптимальних норм добрив для цукрових буряків / За ред. І.П. Тараріко. К.: Урожай, 2000. 231 с.

28. Сухий, Я.К. Живлення рослин і застосування добрив. Львів: Світ, 2001. 320 с.

29. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : Українські технології, 2008. 312 с.

30. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навч. посіб. Київ : СІК ГРУП Україна, 2015. 332 с.

31. Роїк М. Буряки. Київ, XXI вік – РІАТРУД. Київ, 2001. 368 с.

32. Глеваський І.В. Буряківництво: навч. посібник. К. : Вища школа, 1995. 319 с.

33. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. К. : ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.

34. Снітинський, В.В. Фізіологія рослин. К.: Либідь, 2010. 512 с.

35. Мельник, П.Р. Агрохімія. К.: Вища школа, 2006. 400 с.

36. Ткаченко П.В. Органічні добрива в землеробстві. К.: Урожай, 2001. 280 с.

37. Лисенко, П.І. Добрива і урожай. К.: Урожай, 2005. 352 с.

38. Балаян, В.М. Система удобрення польових культур. К.: Урожай, 2007. 320 с.

39. Копитко П.Г. Агрохімія. К.: Вища освіта, 2003. 376 с.

40. Петренко В.Ф. Основи живлення рослин. Київ: Аграрна наука, 2018. 320 с.

41. Іваненко О.С., Бондаренко В.П. Вплив азотного живлення на врожайність цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2021. №3. С. 45–52.

42. Смирнов А.М. Живлення рослин: роль макро- і мікроелементів. Харків: Основа, 2019. 280 с.

43. Гнатюк М.В. Азотні добрива у технологіях вирощування буряків. Цукрова промисловість України. 2020. №2. С. 12–18.

44. Петров С.В. Добриво і врожай: агрохімія для практиків. Харків: Основа, 2017. 280 с.

45. Сидоренко В.М. Основи агрономії: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 368 с.

46. Іванов І.П. Живлення рослин і удобрення сільськогосподарських культур. Київ: Урожай, 2015. 320 с.

47. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків / під ред. О.М. Ткаченка, М.В. Роїка ; УААН, Ін-т цукрових буряків. К. : Академпрес, 1998. 189 с.

48. Лопушняк В., Пархуць І., Сороцький О. Вплив різних норм мінеральних добрив на врожайність та якість цукрових буряків. Вісник Львівського ДАУ. Львів. 2004. №8. С. 372–376.

49. Зубенко В.Ф., Роїк М.В. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження; 2 доповнене видання. К. : НВП ТОВ «Алфа – стевія ЛТД». 2007. 486 с.

50. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : Українські технології, 2008. 312 с.

51. SESVANDERHAVE. Каталог гібридів цукрових буряків SESVANDERHAVE на 2025 рік. Київ: SESVANDERHAVE Ukraine, 2025. 48 с.

52. Afshar R.K., Reineke D.M., Moriles J., Garcia L.F., Smith J.L. Nitrogen management and sugar beet yield and quality. Agronomy Journal. 2019. Vol. 111(1). P. 310–320. DOI: 10.2134/agronj2018.04.0265.

53. Камчатний В.І. Методика визначення площі листкової поверхні рослин. Вісник аграрної науки. 2015. № 3. С. 45–50.

54. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. К. : 2001. 246 с.

55. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. К. : ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.

56. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільськогосподарському виробництві. К. : Урожай, 1988. 208 с.

57. Глеваський І.В. Буряківництво: навч. посібник. К. : Вища школа, 1995. 319 с.

58. Роїк М. Буряки. Київ, XXI вік – РІАТРУД. Київ, 2001. 368 с.

59. Глеваський І.В. Буряківництво: навч. посібник. К. : Вища школа, 1995. 319 с.

ДОДАТКИ