

**Формування продуктивності буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин. Шемчук В.А.**– Кваліфікаційна робота. Кафедра технологій у рослинництві. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

У дипломній роботі висвітлені результати досліджень, які проводилися в умовах Лісостепу західного на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського НУП впродовж 2023 – 2024 рр. з вивчення впливу рівнів удобрення і густоти рослин на формування продуктивності буряку цукрового.

Метою дослідження було визначити вплив різних рівнів удобрення і густоти рослин на формування продуктивності буряку цукрового.

За результатами дослідження встановлено вплив густоти рослин буряку цукрового на показники наростання маси рослини, коренеплоду, листя і площу листової поверхні в динаміці. Зокрема, встановлено, що за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  і густоти рослин буряку цукрового 125 тис./га було отримано найвищий рівень урожайності коренеплодів – 85,4 т/га з вмістом цукру в коренеплодах 17,8 % та виходом цукру – 14,35 т/га. За результатами розрахунку економічної ефективності густота рослин буряку цукрового 125 тис./га за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  забезпечила найбільші показники чистого прибутку і рентабельності, а саме– 96374 грн/га і 116,8 % відповідно, та водночас, найнижчу собівартість – 871 грн/т з коефіцієнтом енергетичної ефективності 4,25  $K_{ee}$ .

<b>ВСТУП</b>	7
<b>РОЗДІЛ 1. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО</b>	10
1.1 Продуктивність буряку цукрового залежно від рівнів удобрення	10
1.2 Формування продуктивності буряку цукрового залежно від густоти рослин	18
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	24
2.1. Ґрунтово – кліматичні умови проведення дослідження	24
2.2 Методика проведення досліджень	28
2.3 Характеристика досліджуваного гібриду буряку цукрового	29
2.4 Агротехнічні умови проведення досліджень	30
<b>РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНІВ УДОБРЕННЯ І ГУСТОТИ РОСЛИН</b>	32
3.1 Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин	32
3.2 Урожайність буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин	43
3.3 Цукристість буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин	46
3.4 Економічна й енергетична ефективність вирощування буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин	49
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ</b>	52
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	55
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b>	59
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b>	63
<b>ДОДАТКИ</b>	72
<b>Додаток А</b>	73

**Додаток Б**

77

**Додаток В**

78

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** Буряк цукровий є надзвичайно вибагливою сільськогосподарською культурою, яка висуває особливо жорсткі вимоги до умов вирощування. Серед ключових чинників, що визначають успішність культивування, виокремлюються рівень мінерального живлення та оптимальна густина розміщення рослин на полі.

В українських реаліях буряк цукровий залишається єдиним джерелом виробництва цукру. Незважаючи на те, що природно-кліматичні та ґрунтові умови України є надзвичайно сприятливими для вирощування цієї культури, спостерігається стійка тенденція до скорочення посівних площ. Вагомий внесок у вдосконалення технологій вирощування буряка цукрового зробили вітчизняні вчені. Серед них - визнані фахівці сільськогосподарської галузі: В. Ф. Зубенко, М. В. Роїк, А. С. Заришняк, Я. П. Цвей, Е. Р. Ермантраут, Л. А. Барштейн, В. М. Сінченко, О. О. Іващенко, Л. М. Карпук та інші дослідники, які присвятили свою наукову діяльність удосконаленню технологічних прийомів вирощування буряка цукрового.

Рациональне розміщення рослин на площі поля розглядається як один з ключових шляхів підвищення продуктивності культури. Особливої актуальності набуває пошук оптимальної густоти стояння рослин, особливо на фоні підвищення рівня мінерального живлення ґрунту. Оптимальна густина насадження рослин має принципове значення для формування майбутнього врожаю коренеплодів. Надмірне загушення посівів призводить до утворення дрібних, витягнутих коренеплодів, значна частина яких втрачається під час механізованого збирання. Водночас надто розріджені посіви спричиняють неефективне використання посівної площі, провокують підвищену забур'яненість полів та утворення надмірно масивних коренеплодів, які значно пошкоджуються під час збирання бурякозбиральними комбайнами. Знаходження балансу в густоті розміщення рослин є критичним чинником успішного вирощування буряка цукрового, що вимагає ретельного наукового підходу та врахування комплексу агрономічних чинників.

**Об'єкт досліджень** – процеси розвитку, росту й продуктивність буряку цукрового залежно від густоти рослин і рівнів удобрення.

**Предмет досліджень** - густина рослин буряку цукрового: 85 тис./га, 105 тис./га, 125 тис./га; рівні удобрення: контрольний варіант без удобрення, N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub>.

**Мета і завдання дослідження** — вивчити особливості формування врожайності буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті в умовах Лісостепу західного.

Завдання досліджень:

Визначити вплив рівні удобрення контроль без удобрення, N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> на польову схожість насіння буряку цукрового;

Вивчити вплив рівні удобрення на виживаність рослин буряку цукрового;

Дослідити зв'язок динаміки наростання маси рослини буряку цукрового та рівня врожайності залежно від густоти рослин і рівнів удобрення;

Розрахувати економічну та енергетичну ефективність вирощування буряку цукрового залежно від рівні удобрення і густоти рослин.

**Методи досліджень:** польовий – вивчення продуктивності буряку цукрового залежно від густоти рослин та рівнів удобрення; лабораторний – аналіз якості коренеплодів; хімічний – визначення вмісту елементів живлення в ґрунті; оптичний – визначення цукристості в коренеплодах; вимірально-ваговий – визначення біометричних показників рослин та врожайності буряку цукрового; розрахунково-порівняльний – оцінка економічної та енергетичної ефективності; статистичний – дисперсійний та графічне відображення даних за дослідями.

**Наукова новизна одержаних результатів досліджень** полягає у встановленні впливу густоти рослин на процеси росту і розвитку рослин буряку цукрового, формування врожаю коренеплодів та їх якісних показників. Доведено економічну та енергетичну ефективність доцільності застосування густоти 125 тис./га.

**Практичне значення одержаних результатів.** За результатами проведених досліджень розроблено науково-обґрунтовані рекомендації з вдосконалення елементів технології вирощування буряку цукрового, що

забезпечить отримання в господарствах зони західного Лісостепу сталих та високих урожаїв коренеплодів з високим вмістом цукру.

**РОЗДІЛ. 1**  
**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ**  
**БУРЯКУ ЦУКРОВОГО**

## 1.1 Продуктивність буряку цукрового залежно від рівнів удобрення

Раціональна система удобрення є основою підтримання та підвищення родючості ґрунту. Вона залежить від процесів трансформації органічної речовини, що відбуваються за участі ґрунтової мікрофлори. Оптимальне використання добрив має вирішальне значення для досягнення високої врожайності та якості буряка цукрового. Ключовим є збалансоване співвідношення поживних речовин у ґрунті. Недостатнє або науково необґрунтоване скорочення норм мінеральних добрив значно знижує родючість, відновлення якої вимагає тривалого часу, адже короткострокове внесення добрив не може компенсувати тривалу їх відсутність [6, 48].

Сучасна технологія вирощування буряка цукрового передбачає використання високих доз мінеральних добрив, хоча дослідження показують, що їхня ефективність не завжди перевищує рекомендовані середні дози. Наприклад, 1 центнер комплексного добрива зі співвідношенням NPK збільшує врожайність на 0,6–0,7 т/га, а приріст урожаю від 1 кг азоту становить 35,7 кг, фосфору – 37,5 кг, калію – 18,8 кг. Для формування 10 т коренеплодів буряка разом із відповідною кількістю гички культура виносить із ґрунту 40–60 кг азоту, 15–20 кг фосфору та 50–70 кг калію. Ефективність поглинання цих елементів значною мірою залежить не тільки від їхньої наявності у ґрунтовому розчині, а й від їхнього співвідношення. Найбільш оптимальними є пропорції 1:1,2:1,3 або 1:1:1. Окрім основних елементів (NPK), на урожай 50 т/га потрібно додатково 240 кг кальцію, 85 кг магнію та натрію, а також 25 кг сірки [54, 68].

Поглинання елементів живлення буряком варіюється залежно від погодних умов року та інших факторів, тому ефективність мінерального живлення значною мірою залежить від обробки ґрунту, якості посівного матеріалу, технічного забезпечення та системи захисту. У початковий період вегетації рослини потребують легкодоступних сполук поживних речовин, що підвищує їхню стійкість до хвороб і шкідників. До середини червня буряк засвоює лише 6–12% азоту та 1–3% фосфору і калію від загальної кількості, необхідної для формування врожаю. У другій половині вегетації слід

обмежувати азотне живлення, зберігаючи лише рівень, достатній для підтримання активності метаболічних структур листового апарату та коренеплодів [11, 24].

Азот відіграє критичну роль у першій фазі вегетації, сприяючи розвитку листового апарату та змиканню міжрядь. При нестачі цього елемента зменшується синтез амінокислот, нуклеїнових кислот і білків, що знижує інтенсивність фотосинтезу та врожайність. У таких умовах рослини виглядають карликовими, а їхні листки набувають світло-зеленого кольору та жовтіють від основи. Хоча при дефіциті азоту коренеплоди можуть досягати максимальної цукристості швидше, загальний рівень цукру у врожаї виявляється нижчим. Відмова від азоту в деяких випадках навіть збільшує вихід цукру, хоча врожайність при цьому знижується [78].

Отже, раціональне та науково обґрунтоване удобрення буряка цукрового є ключем до досягнення високої ефективності вирощування та забезпечення родючості ґрунтів.

Надлишок азоту в період активного цукронакопичення негативно впливає на якість коренеплодів буряка цукрового, знижуючи їхню цукристість. Це зумовлено посиленням ростом гички та збільшенням вмісту небілкового азоту в тканинах. Такі рослини втрачають стійкість до в'янення листя у спекотні дні, стають більш вразливими до захворювань. Підвищені норми азотних добрив, хоч і можуть збільшити врожайність, не завжди компенсують втрати, спричинені зниженням технологічної якості коренеплодів. За даними німецьких дослідників, навіть 10% надлишок азоту призводить до втрати 21,8 кг цукру з кожного гектара [10, 25, 67].

Особливо небезпечним є внесення азоту після утворення 10 справжніх листків, особливо в умовах достатнього зволоження. Для забезпечення високої якості врожаю необхідно приділити увагу калійно-фосфорному живленню. Внесення азоту у поєднанні з фосфором знижує поглинання калію, що, у свою чергу, покращує якість коренеплодів. Це проявляється у зменшенні вмісту розчинної золи та небілкового азоту. Проте підвищені дози азоту за недостатньої кількості фосфору та калію призводять до втрат азоту, що значно



знижує ефективність удобрення. Тому строки і норми внесення добрив мають відповідати реальним потребам рослин, що забезпечує оптимальне використання азоту й мінімізацію його втрат [26, 78].

Джерелом азоту для буряка цукрового є сполуки азоту з іншими елементами у формі солей азотної кислоти та амонію. Амонійна форма азоту активно використовується рослинами для синтезу амінокислот і білків, не накопичуючись у тканинах коренеплодів у значних кількостях. Засвоєння азоту залежить від реакції ґрунтового середовища: аміачні форми ефективніше поглинаються у нейтральному ґрунті, а нітратні – у слабокислому. У ранніх фазах росту рослини буряка потребують азоту переважно у формі нітратів ( $\text{NO}_3$ ), а з розвитком листкового апарату краще засвоюють аміачний азот. Це підкреслює важливість правильної організації системи азотного живлення, адаптованої до фаз росту рослин і умов середовища [34, 74].

В умовах надлишкової вологості та низьких температур весняно-літнього періоду значно знижується вміст нітратного азоту в ґрунтовому шарі на глибині 0–60 см. Це є негативним фактором для початкового розвитку буряка цукрового, оскільки саме в цей час рослини активно споживають мінеральний азот. Основним завданням системи удобрення у контексті азотного живлення є забезпечення помірною постачання азоту під час проростання насіння та на ранніх стадіях росту. Поступове збільшення його надходження повинно тривати до завершення активного формування листкової маси та коренеплодів [12, 51].

Фосфорне живлення буряка цукрового має багато спільного з азотним, оскільки фосфор входить до складу ключових біологічних структур, які забезпечують генетичні й обмінні процеси. Проте кількісна потреба у фосфорі менша, ніж в азоті, особливо на ранніх етапах росту. Найбільше фосфор потрібен у період інтенсивного цукроутворення й цукронакопичення, що триває з серпня до жовтня. Цей елемент важливий для обміну речовин, синтезу сахарози, стимулює ріст кореневої системи, сприяє дозріванню буряка, підвищує врожайність і цукристість коренеплодів. Він також забезпечує транспортування цукрів із листків у коренеплоди [1, 6, 49].

За нестачі фосфору в листі накопичуються цукри, і листя набуває темно-зеленого кольору з синюватим відтінком. Пізніше з'являються червонуваті й темно-коричневі плями. Дослідження показують, що на ґрунтах із середнім вмістом фосфору (9,6 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 г ґрунту) приріст врожайності становить 12 т/га. На ґрунтах із підвищеним вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (12,2 мг/100 г) цей показник дещо знижується до 10,8 т/га, а на ґрунтах із високим вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15,7 мг/100 г) приріст врожайності обмежується лише 8,1 т/га. Надлишок фосфору, так само як і азоту, негативно впливає на цукристість коренеплодів [60, 65].

Ефективність фосфорних добрив значною мірою залежить від балансу азотного та калійного живлення. У разі дефіциту азоту дія фосфору зменшується, оскільки знижується синтез сполук, що містять обидва елементи. На вилужених легкосуглинкових чорноземах із достатнім зволоженням, підвищеним вмістом фосфору й середнім забезпеченням калію для досягнення високої врожайності слід посилити азотне й калійне живлення. Таким чином, гармонійне поєднання азотного, фосфорного та калійного удобрення є ключем до забезпечення оптимального розвитку й високої якості врожаю буряка цукрового [31, 78, 79].

Молоді листки і коренеплід буряка цукрового задовольняють свої потреби у фосфорі переважно за рахунок реутилізації цього елемента зі старих листків. Є припущення, що фосфати частково компенсують негативний вплив надлишку азоту, сприяючи зменшенню затримки дозрівання та підвищенню якості коренеплодів. Крім того, фосфор здатний блокувати надлишок кальцію, що є актуальним для карбонатних ґрунтів Півдня України. Норми внесення фосфору й калію часто розраховуються у співвідношенні 1:4 (одна частина фосфору до чотирьох частин калію). Основним джерелом фосфору для рослин виступають солі ортофосфорної кислоти [2, 52].

Калій, на відміну від азоту та фосфору, не входить до складу органічних сполук рослини, але його функціональне значення важливе на всіх етапах росту та розвитку буряка цукрового. Найбільша потреба в калії виникає у період максимальної метаболічної активності, коли у листках відбувається

інтенсивний синтез вуглеводів, їх трансформація в цукри, перенесення до коренеплоду та ресинтез [13, 45, 69].

Калій забезпечує рослинам стійкість до посухи, екстремальних температур, хвороб, а також сприяє накопиченню цукрів і підтримці необхідного рівня води в клітинах. Застосування калійних добрив, як і фосфорних, пом'якшує негативний вплив надмірного використання азоту, водночас покращуючи технологічні якості коренеплодів [8, 33].

Калій також відіграє важливу роль у фотосинтезі та засвоєнні азоту, особливо в аміачній формі. У разі дефіциту калію на листках з'являються світлі плями між жилками, що згодом жовтіють. Краї листків стають коричневими, інколи загинаються. Старе листя поступово відмирає, а зелене забарвлення переходить у коричневе без проміжного пожовтіння. Молоді листки набувають витягнутої форми із загостреними кінчиками [6, 48].

Нестача калію у другій половині вегетації призводить до зниження цукристості коренеплодів на 2–3 %. Вилучення фосфору та калію із системи удобрення значно знижує якість соку буряка, підвищуючи вміст "шкідливого" азоту, а також концентрацію калію і натрію в коренеплодах. Таким чином, гармонійне забезпечення бурякової рослини калієм є ключовим для досягнення високої врожайності та якості продукції [30, 47].

У процесі вегетації рослини виносять із ґрунту значну кількість калію, із яких 40–50% концентрується у вегетативній масі. Гичка буряка містить на 32 кг/га більше азоту та на 81,5 кг/га більше калію, ніж коренеплоди, а кількість фосфору в обох частинах приблизно однакова. Використання побічної продукції культур як органічного добрива сприяє поверненню значних запасів калію до ґрунту через рециркуляцію поживних речовин. Цей процес зменшує біогенне навантаження і стабілізує калійний фонд у ґрунті [4, 6, 28].

Уміст рухомого калію в ґрунті залежить від багатьох чинників: норм внесення добрив, інтенсивності балансу "добриво — ґрунт — рослина", фізико-хімічних властивостей ґрунту, структури сівозміни тощо. Водночас натрій не може повністю замінити калій у функціях, але здатен виконувати деякі з них.

Між калієм і кальцієм у рослинах спостерігається антагонізм: зі збільшенням споживання калію зменшується поглинання кальцію. Надлишок кальцію негативно впливає на засвоєння інших елементів, таких як залізо, цинк і марганець [49, 51, 55].

Магній є важливим елементом у рослинах, входить до складу фітину — основного запасного фосфоровмісного органічного з'єднання. Він виступає переносником фосфатів, впливаючи на їх поглинання, переміщення і перетворення. У листках буряка цукрового більша частина магнію перебуває у формі водорозчинних сполук. Дефіцит магнію посилюється за надлишку калію чи амонію, але магній сприяє збільшенню вмісту цукру в коренеплодах. Надмірна кількість магнію може бути токсичною для рослини, однак цей ефект можна нейтралізувати внесенням кальцію [14, 22, 88].

Нестача магнію у рослинах призводить до порушення їхнього нормального росту та розвитку, що виявляється у специфічному захворюванні - хлорозі. Зовнішні ознаки цього процесу характеризуються знебарвленням міжжилкових ділянок листків, водночас як жилки продовжують залишатися зеленими [7, 61, 66].

Сірка є надзвичайно важливим елементом живлення для сільськогосподарських культур, настільки значущим, що деякі дослідники навіть вважають її "четвертим макроелементом". Особливість сірки полягає в її тісному взаємозв'язку з азотом - ці два елементи мають синергічний фізіологічний вплив, суттєво сприяючи процесам білкового синтезу. Це, своєю чергою, позитивно впливає на врожайність та якісні показники сільськогосподарських культур. За обсягом внесення сірка наближається до фосфору, а її нестача викликає у рослин стан хлорозу. Цікаво, що співвідношення сірки до азоту в гумусі становить 1:8-12, причому на ґрунтах з низьким вмістом гумусу рослини особливо гостро відчувають дефіцит цього елементу [8, 20, 37].

Буряк цукровий демонструє позитивну реакцію на хлоровмісні добрива. Хлор легко потрапляє в рослину та здатен накопичуватися у значних концентраціях. Цікавим є той факт, що забезпеченість рослин калієм впливає

на вміст цукру в коренеплоді: при достатній кількості калію нестача хлору знижує цукристість, а при одночасному дефіциті калію та хлору, навпаки, цукристість підвищується [12, 44, 49].

Продуктивність буряка цукрового залежить від багатьох чинників, серед яких - зона зволоження, місце культури в сівозміні та система удобрення. Важливу роль відіграє наявність вологи в ґрунті, яка зменшує залежність інтенсивності росту культур від кількості атмосферних опадів протягом вегетаційного періоду. Буряк цукровий має унікальну особливість - порівняно з іншими культурами (наприклад, вико-вівсом або озимою пшеницею), він витрачає вологу більш економно завдяки глибокій кореневій системі [18, 75].

При плануванні системи удобрення, особливо в зоні нестійкого зволоження, необхідно ретельно визначати запаси продуктивної вологи в ґрунті. Важливо розуміти, що збільшення доз добрив за умов недостатньої кількості опадів не призводить до суттєвого приросту врожаю буряка цукрового, більше того - погіршує якість та лежкість коренеплодів. Порушення оптимальних норм внесення мінеральних добрив негативно впливає на технологічні якості сировини, що, своєю чергою, підвищує собівартість цукру [6, 48].

Науково обґрунтована система удобрення відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур та покращенні якості їхньої продукції. Дослідження показали цікаві закономірності, особливо в умовах посушливого періоду вегетації буряка цукрового. Зокрема, встановлено, що за вологості ґрунту, близької до рівня в'янення рослин, підвищені та високі дози мінерального удобрення у поєднанні з удобренням соломною мають практично однаковий вплив на врожайність коренеплодів, що й середні дози добрив.

Внесення мінеральних добрив має певні особливості впливу на ґрунтову вологу та рослини. У початковий період вегетації та під час змикання листків у рядках спостерігається незначне зменшення запасів продуктивної вологи в ґрунті через інтенсивніше її споживання рослинами. Однак, водночас, рослини демонструють більш економне використання води для формування врожаю

коренеплодів. Цікаво, що зі збільшенням продуктивності буряка цукрового під впливом добрив витрата води на одиницю маси скорочується [26, 28].

Буряк цукровий виявляє досить позитивну реакцію на внесення підвищених доз добрив, що певною мірою нівелює негативний вплив різноманітних погодних умов на врожайність культури. Встановлено, що з підвищенням родючості ґрунту урожай культур стає менш залежним від екстремальних погодних умов.

Водночас, у науковій літературі наявні повідомлення про неоднозначність впливу високих доз добрив у засушливих і жарких умовах. За умов зниженої вологості рослини буряка цукрового виносять менше поживних речовин, що призводить до відповідного зниження врожайності.

Особливо важливим аспектом є взаємозв'язок між забезпеченістю рослин поживними елементами та вмістом цукру в коренеплодах. Дослідження показали, що зміна співвідношення елементів живлення може суттєво впливати на цукристість. Зокрема, встановлено, що при зменшенні вмісту калію в листках буряка цукрового в 1,4-1,6 рази та зміщенні балансу між калієм, азотом і кальцієм вміст цукру у коренеплодах знижується з 17,0-17,1% до 15,5-16,4% [14, 27].

Ці наукові спостереження підкреслюють винятково важливу роль збалансованого мінерального живлення у вирощуванні буряка цукрового, необхідність врахування ґрунтово-кліматичних умов та індивідуальних особливостей культури при розробці системи удобрення.

Таким чином, гармонійне співвідношення калію, кальцію, магнію та інших макроелементів у системі удобрення є ключовим для досягнення оптимального росту, розвитку та продуктивності буряка цукрового.

## **1.2 Формування продуктивності буряку цукрового залежно від густоти рослин**

Просторове розташування рослин на сільськогосподарських угіддях є складним і багатогранним процесом, який впливає на продуктивність та ефективність вирощування культур. Наукові дослідження переконливо

доводять, що щільність посадки рослин має критичне значення для формування врожаю та його якості [5, 62, 71].

Оптимізація густоти насаджень безпосередньо пов'язана з біологічними особливостями культури та факторами навколишнього середовища. Зі збільшенням кількості рослин на гектарі відбуваються складні трансформації в агроценозі: змінюються умови освітлення, споживання поживних речовин, вологи та вуглекислого газу [8, 19].

Спостереження вчених показують, що спочатку збільшення щільності посадки не призводить до негативних наслідків і навіть може бути корисним. Проте подальше загушення проковує конкуренцію між рослинами за життєво важливі ресурси. Верхні листки отримують повноцінне освітлення та активно продукують цукор, водночас нижні листки перебувають у менш сприятливих умовах, витрачаючи накопичені поживні речовини на власне виживання [20, 23].

Надмірне ущільнення посівів призводить до формування дрібних, витягнутих коренеплодів, що значно ускладнює механізоване збирання врожаю. З іншого боку, надто розріджені посадки також мають низку негативних наслідків: неефективне використання посівних площ, підвищена забур'яненість та пошкодження коренеплодів під час збирання.

Класичні дослідження видатного вченого Климента Тімірязєва підкреслюють визначальну роль світла у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур. Саме від якості та кількості світла, що надходить на одиницю площі посіву, залежить кінцева врожайність [6, 48].

Технологічні особливості вирощування цукрового буряка демонструють складну взаємозалежність між густиною посадки, живленням рослин та їхніми біохімічними характеристиками. Зрідження посівів викликає суттєві трансформації в розвитку та біологічних властивостях коренеплодів.

Зменшення щільності насаджень створює більший простір для живлення кожної рослини, що спричиняє інтенсивніший ріст і розвиток. Коренеплоди формуються більших розмірів, однак процес досягання сповільнюється.

Особливо показовими є зміни у структурі коренеплоду: збільшується частка головки, яка містить менше цукру порівняно з центральною частиною [5, 15].

Наукові дослідження переконливо доводять, що оптимальна густина посадки є критичним фактором формування врожаю. При зменшенні кількості рослин на гектарі відбуваються складні біохімічні перетворення: знижується цукристість, підвищується вміст нецукрів, зростає ризик дуплистості коренеплодів [35].

Внесення мінеральних добрив додатково ускладнює картину. Високі дози добрив на зріджених посівах призводять до зниження цукристості, хоча загальна врожайність може зростати за рахунок збільшення маси коренеплодів. Цікаво, що із збільшенням площі живлення частка азоту та золи в коренеплодах підвищується, водночас вміст цукру зменшується [41].

Експериментальні дослідження демонструють, що оптимізація густоти посадки є складним багатофакторним процесом. Різні норми мінерального живлення та щільність насаджень по-різному впливають на кінцеві показники врожайності. Найефективнішими виявляються помірно загущені посіви з відповідним рівнем мінерального живлення, які забезпечують максимальний збір цукру при прийнятній цукристості [26, 58].

Важливо розуміти, що немає універсальної формули - кожне конкретне поле вимагає індивідуального підходу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей та технологічних можливостей господарства. Мистецтво вирощування цукрового буряка полягає в знаходженні балансу між щільністю посадки, живленням рослин та збереженням їхніх біохімічних властивостей.

Технічна стиглість коренеплодів буряка цукрового на зріджених посівах настає пізніше, ніж на посівах з нормальною густиною. Із зменшенням густоти стояння рослин з 90-100 тис./га до 60-70 тис./га збільшується площа їх живлення, рослина отримує більше вологи і поживних речовин [18].

При густоті 90-100 тис./га спостерігалось 62% рослин з висотою головки 3 см; 24% з висотою 3-5 см; 4% - 7 см. За густоти 70-80 тис. шт./га – 30% з



висотою 3 см; 32% - 3–5 см; 25% - 5–7 см; 13% - 7 см. За густоти 60-70 тис./га - 22% - 3 см, 28% - 3–5 см; 25% - 5–7 см; 25% - 7 см.

Наприкінці вегетації відношення головки, шийки і власне кореня становить 19:16:65% загальної маси. Головка коренеплоду містить на 5–6% менше цукру ніж середня його частина [16, 66].

При зменшенні густоти до 50–55 тис./га у хімічному складі коренеплодів відбуваються зміни, знижується цукристість, підвищується вміст нецукрів, збільшується дуплистість, зростають втрати при збиранні.

Експериментально встановлено, що за норми N45P60K45 та густоти стояння 50–55 тис./га урожайність складає 51,7 т/га, за N90P120K90 і густоти 80–85 тис./га – 56,8 т/га. За норми добрив N135P180K135 та густоті стояння рослин 110–115 тис. шт./га отримано максимальний рівень врожайності і збір цукру, однак рівень цукристості зменшився на 0,2–0,6% [36, 58].

Із збільшенням густоти стояння рослин буряка цукрового показник цукристості збільшувався на 0,3–0,8%. Вміст зольних елементів калію та натрію зменшується із збільшенням густоти, незалежно від норм добрив. За густоти 110–115 тис./га і норми N135P180K135 доброякісність соку становила 91,8%.

Забезпечення оптимальної густоти стояння рослин на час збирання врожаю є визначальним фактором продуктивності цукрового буряка. Дослідження в умовах південно-східного Лісостепу України демонструють складну взаємозалежність між внесенням добрив, густотою рослин та показниками врожайності [11].

Найвища продуктивність цукрового буряка була зафіксована у варіанті з унесенням 50 т/га гною + N90P120K90 мінеральних добрив, де густота рослин на час збирання становила 100,8 тис./га. У цьому випадку урожайність коренеплодів досягла 52,8 т/га, цукристість - 16,7%, а збір цукру - 8,82 т/га.

Альтернативний варіант з унесенням 25 т/га гною + N180P240K180 показав дещо менші, проте близькі результати: густота рослин на час збирання - 100,6 тис./га, урожайність коренеплодів - 52,0 т/га, цукристість - 16,8%, збір цукру - 8,74 т/га [33].

Контрольний варіант без інтенсивного удобрення мав значно нижчі показники: густина на час збирання становила 86,4 тис./га, врожайність - 33,7 т/га, цукристість - 17,0%, збір цукру - 5,73 т/га. На високих фонах удобрення густина стояння рослин збільшувалась на 15–25 тис./га.

Сортові особливості також відіграють важливу роль. Найбільша врожайність коренеплодів сорту Білоцерківський 45 (49,0 т/га) та гібрида Олександрія (53,1 т/га) досягалася за густоти стояння рослин 110 тис./га. Цікаво, що незважаючи на вищу врожайність гібрида Олександрія, розрахунковий вихід біоетанолу був майже однаковим через вищу цукристість сорту Білоцерківський 45 [16, 48, 55, 67, 80].

Німецькі спеціалісти М. Домброта і А. Брамма вважають, що генетичний потенціал буряка цукрового при сучасних методах використовується не повністю. Їхні досліді свідчать, що густина 12–14 рослин на 1 м<sup>2</sup> і менша кількість листків на рослині забезпечують вищий збір цукру з 1 га посіву. Тому вони рекомендують відбирати генотипи з меншою кількістю листків, але здатні швидко утворювати зімкнутий покрив [10].

Дослідження впливу норми висіву на продуктивність цукрового буряка демонструють складну взаємозалежність між кількістю висіяного насіння, польовою схожістю та характеристиками врожаю. Із збільшенням норми висіву з 6 до 12 насінин на 1 м польова схожість зменшується, а густина стояння рослин збільшується, але непропорційно менше [14, 78].

Експериментально встановлено, що найвищий урожай коренеплодів було отримано при нормі висіву 10 насінин на 1 м рядка, найвищий рівень цукристості – при 8 насінинах на 1 м рядка. Максимальний урожай формувався при густоті 8,8 рослин на 1 м рядка. Для схеми посіву 45 + 15 см дослідники запропонували оптимальну густоту 150 тис./га [57].

Різні наукові школи та дослідники пропонують дещо відмінні підходи до визначення оптимальної густоти посівів. За І. В. Глеваським, оптимальною є густина 90-100 тис./га з індексом листової поверхні 4-4,5 або 40-45 тис. м<sup>2</sup> поверхні листків на 1 га посіву [13].

Зональні рекомендації диференційовані залежно від умов зволоження. Для зони достатнього зволоження рекомендується 90-100 тис./га, нестійкого зволоження – 85-90 тис./га, недостатнього зволоження – 80-85 тис./га. Вчені Інституту цукрових буряків УААН уточнюють ці показники: для зони недостатнього зволоження – 90-95 тис. шт./га, нестійкого зволоження – 95-105 тис. шт./га, достатнього зволоження – 105-120 тис. шт./га.

Роїк М. пропонує дещо вужчий діапазон: для зони достатнього зволоження на високих агрофонах – 100-110 тис. шт./га, нестійкого зволоження – 95-100, недостатнього – 90-95 тис. шт./га [64].

Цукровий буряк краще адаптується до загущених посівів, ніж до зріджених. Дещо більша густина рослин може забезпечити належний рівень продуктивності, тоді як посіви з густиною 80–100 тис./га викликають сумніви щодо стабільної продуктивності.

На гербіцидному фоні в зоні достатнього зволоження найвища продуктивність відмічається при оптимальній густоті насадження 110 тис. шт./га. При підвищенні густоти забур'яненість знижується, зменшується врожайність коренеплодів, але цукристість їх зростає [38].

Цукристість є ключовим, однак не вичерпним показником при оцінці буряка цукрового як сировини для виробництва цукру. Навіть коренеплоди з однаковою цукристістю можуть демонструвати різний вихід кристалічного цукру при ідентичній технології переробки на заводі [34].

Наукові дослідження виявили цікаві закономірності впливу густоти стояння рослин на біохімічні характеристики коренеплодів. Зі збільшенням густоти стояння вміст зольних елементів калію та натрію зменшується незалежно від норм внесення добрив. Доброякісність соку відчутно підвищується від збільшення густоти рослин.

Водночас, підвищення норм внесення добрив негативно позначається на технологічних показниках якості коренеплодів. У зоні недостатнього зволоження лівобережної частини Лісостепу України збільшення норми внесення добрив та густоти стояння позитивно впливає на ріст і розвиток рослин буряка цукрового, сприяючи збільшенню врожайності на 7,8–9,7 т/га.

Взаємодія агротехнічних факторів - рівня мінерального живлення та густоти стояння - демонструє позитивний вплив на збір цукру з одиниці площі. Експериментальні дані переконливо показують, що на синтез і накопичення цукру в рослинах буряка цукрового найбільше впливають густота стояння та умови живлення [16, 24, 68].

Встановлено, що загущеність насадження сприяє збільшенню цукристості. Однак парадоксальним чином збільшення норм внесення добрив призводить до зниження цукристості. Важливо зазначити, що дія добрив на цукристість проявляється незалежно від площі живлення рослин.

Істотний приріст виходу заводського цукру спостерігається за рахунок поєднання загущеності насадження та високих норм удобрення. Це підкреслює складність і багатогранність процесів формування врожаю цукрового буряка, де кожен агротехнічний прийом впливає на кінцеву продуктивність культури.

Таким чином, знаходження "золотої середини" у просторовому розміщенні рослин вимагає глибокого розуміння біологічних процесів, врахування ґрунтово-кліматичних умов та постійного наукового пошуку. Раціональна щільність посадки є ключовим чинником підвищення продуктивності фотосинтезу та отримання високоякісного врожаю.

## **РОЗДІЛ 2.**

### **УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

#### **2.1 Ґрунтово – кліматичні умови проведення дослідження**

Клімат західного Лісостепу формується внаслідок складної взаємодії атлантичних та континентальних повітряних мас, що зумовлює специфічні мікрокліматичні умови. Характерними рисами регіону є м'які зими, тривалі вологі весни, помірно тепле літо та суха осінь з високою динамічністю температурних режимів.

Особливістю регіону є унікальний радіаційний баланс та сонячна активність. Загальна сума сонячної радіації сягає 90-95 кілокалорій на квадратний сантиметр, причому найбільша інтенсивність припадає на літній період - 40-42 кілокалорії, а найменша - на зимовий - близько 7 кілокалорій. Важливо, що радіаційний баланс має позитивне значення, становлячи близько 40 кілокалорій на квадратний сантиметр за рік.

Повітряні маси регіону демонструють надзвичайно активну динаміку. Взаємодія морських повітряних потоків охоплює приблизно 76% річного циклу. Циклонічні процеси та проникнення полярного повітря спричиняють підвищену вологість території, що має критичне значення для сільськогосподарського виробництва.

Ґрунтовий покрив представлений темно-сірими опідзоленими ґрунтами з унікальними фізичними характеристиками. Показники щільності ґрунту в межах 1,3-1,6 г/см<sup>3</sup> та повітроємності 5,5-9,0 відсотків створюють надзвичайно сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур.

Весняні процеси мають специфічні особливості. Приморозки зазвичай закінчуються наприкінці квітня - на початку травня, хоча в деякі роки можуть затягуватися до початку червня. Ця обставина вимагає від сільськогосподарських виробників неабиякої уваги та гнучкості в плануванні сільськогосподарських робіт.

Унікальність клімату зони Лісостепу полягає в створенні оптимального природного середовища для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур, що робить цей регіон надзвичайно привабливим для сільськогосподарського виробництва.

Таблиця 2.1

Агрохімічні показники ґрунту дослідної ділянки

Показник	2023 р.	2024 р.
Глибина орного шару, см	30	30
Вміст гумусу за Тюрнімом, %	2,10	2,12
Рівень рН сольової витяжки	5,9	5,7
Легкогідролізований азот (за методикою Корнфільда), мг/кг ґрунту	103	108
Рухомі форми фосфору (за методикою Чирикова), мг/кг ґрунту	107	111
Рухомі форми калію (за методикою Чирикова), мг/кг ґрунту	133	136

Агрохімічне обстеження ґрунту виявило наявність доступних поживних елементів, які створюють оптимальні передумови для щорічного внесення мінеральних добрив у достатній концентрації. Це дає можливість забезпечити рослини необхідними поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду.

Температурний режим досліджуваного періоду характеризувався стійкою тенденцією до підвищення середньомісячних показників порівняно з багаторічними даними. Зокрема, березневі температури 2024 року перевищували середньобагаторічний показник на 2,4°C. Такі незначні, але статистично значущі відхилення створили специфічне мікрокліматичне

середовище, яке безпосередньо вплинуло на фенологічні фази сільськогосподарських культур.

Літні місяці демонстрували помірні температурні коливання з тенденцією до підвищення. Особливо показовими виявилися серпень, вересень та жовтень 2024 року, де температурні параметри перевищували середньобагаторічні значення. Це мало позитивний вплив на біохімічні процеси формування врожайності озимої пшениці, сприяючи більш інтенсивному накопиченню біомаси та підвищенню потенційної продуктивності культури.

Комплексний аналіз гідротермічних умов досліджуваного періоду дозволяє стверджувати про загальну сприятливість кліматичних параметрів для вирощування озимої пшениці. Поєднання підвищених температур та достатньої вологості створило оптимальні умови для росту, розвитку та формування врожаю сільськогосподарської культури.

Таблиця 2.2.

**Середньорічні і середньомісячні показники температури повітря, °С**

Місяць	2023 р.	2024 р.	Середньобагаторічний показник
Січень	+2,3	-1,2	-4,6
Лютий	+0,8	+5,6	-3,5
Березень	+4,9	+5,7	0,5
Квітень	+8,5	+11,2	7,2
Травень	+13,4	+15,7	13,7
Червень	+17,3	+19,4	16,8
Липень	+20,1	+21,4	18,4
Серпень	+21,0	+20,8	17,3
Вересень	+17,2	+17,2	13,2
Жовтень	+11,4	+9	7,6
Листопад	+3,6	+7	2,5
Грудень	+0,8	20	-2,1
За рік			7,2

Отримані наукові результати підтверджують важливість постійного моніторингу агрохімічних та кліматичних показників для забезпечення ефективного сільськогосподарського виробництва. Врахування таких параметрів дозволяє не лише прогнозувати потенційну врожайність, але й розробляти адаптивні стратегії вирощування сільськогосподарських культур в умовах мінливого клімату.

Таблиця 2.3

**Річна і місячна сума опадів, мм**

Місяць	Роки проведення дослідження	
	2023 р.	2024 р.
Січень	69	75
Лютий	41	50
Березень	79	79
Квітень	71	53
Травень	14	8
Червень	92	96
Липень	94	76
Серпень	95	74
Вересень	47	90
Жовтень	98	45
Листопад	69	2
Грудень	63	
За рік	832	648

**2.2 Методика проведення досліджень**



Дослідження присвячене вивченню того, як щільність посівів буряку цукрового впливає на його врожайність та якісні характеристики в ґрунтово-кліматичних умовах західного Лісостепу України.

Дослід проводився впродовж 2023-2024 років у польовій сівозміні після вирощування озимої пшениці. Дослідження включало два рівні удобрення: контрольний варіант та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{310}P_{230}K_{360}$ . Вчені випробували три різні густоти посіву: 85, 105 та 125 тисяч рослин на гектар.

Перед закладанням досліду провели агрохімічний аналіз ґрунту для оцінки вмісту поживних речовин та гумусу. Протягом вегетаційного періоду послідовно спостерігали за розвитком рослин, фіксуючи різні фенологічні фази – від сходів до змикання міжрядь.

Ретельно вели облік густоти рослин на різних етапах вегетації, визначали динаміку наростання маси рослин, коренеплодів і листя. Особлива увага приділялася вимірюванню площі листкової поверхні та проведенню біометричних досліджень.

Наприкінці досліджень було проведено повний облік урожаю шляхом зважування коренеплодів та листя. Якість буряків оцінювали за вмістом цукру з використанням оптичного цукрометра. Отримані експериментальні дані опрацювали за допомогою дисперсійного аналізу з використанням персонального комп'ютера.

Такий комплексний підхід дозволив всебічно дослідити вплив густоти посіву на продуктивність та якість буряків цукрових у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

### **2.3 Характеристика досліджуваного гібриду буряку цукрового**

#### **Переваги сорту**

- Нематодостійкий.
- Дуже добра лежкість у кагатах.
- Толерантний до збудників кореневих гнилей.
- Висока стійкість до церкоспорозу, ризоманії.

- Середня стійкість до борошнистої роси, рамуляріозу
- Дружні сходи.
- Високий потенціал збору цукру.

#### **Характеристика гібриду**

- Диплоїд N-типу (урожайний).
- Потенціал цукристості — 21,4 %.
- Рекомендується для пізніх строків збирання.
- Зареєстрований у Швеції, Нідерландах, Україні.

#### **Стійкість до хвороб і стресових факторів**

- Стійкість до посухи — 6 балів.
- Стійкість до нематоди — 9 балів.
- Стійкість до корневих гнилей — 7 балів.
- Стійкість до церкоспорозу — 8 балів.
- Стійкість до борошнистої роси — 6 балів.
- Стійкість до рамуляріозу — 6 балів.
- Стійкість до ризоманії — 9 балів.



Рис. 2.2. Буряк цукровий Балі від СесВандерхаве.

## **2.4 Агротехнічні умови проведення досліджень**

Закладання досліду та догляд за посівами буряку цукрового проводили згідно інтенсивної технології вирощування буряку цукрового в ґрунтово-кліматичних умовах зони Лісостепу західного. Після збирання попередника стерню дискували Кейс-210 + БДТ-3. Під основний обробіток ґрунту внесли фосфорні та калійні добрива. Навесні, під передпосівний обробіток ґрунту, внесли азотні добрива. Глибоку оранку провели на глибину 28 – 30 см трактором Кейс-210 в агрегаті із ПНО-5-40. За першої можливості увійти в поле, з метою закриття вологи, зробили боронування, ХТА-150+12БЗТ-1. Передпосівна культивуація була зроблена на глибину загортання насіння буряку цукрового трактором Кейс – 210 в агрегаті з Компактор. Сівбу проводили сівалкою Монопіл S в агрегаті МТЗ – 80. Сівбу проводили на задану густоту рослин з врахуванням 15-20 % широкорядним способом згідно схеми досліду, насінням гібриду KWS Акація, на глибину 2 – 3 см.

Догляд за посівами складався з боротьби з бур'янами, хворобами й шкідниками. Застосовували ґрунтові гербіциди: Пірамін Турбо 3 л/га, Фронтер Оптіма 1 л/га та післясходові Бетанал Експерт 1 л/га та Пантера 1 л/га. Проти шкідників застосовували інсектицид Актара. Обприскування посівів від хвороб робили фунгіцидами Фалькон, Рекс Дуо, Імпакт.

Збирали врожаю буряку цукрового в другій декаді жовтня, поділяючи.

### РОЗДІЛ 3

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНІВ УДОБРЕННЯ І ГУСТОТИ РОСЛИН

### 3.1 Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин

Польова схожість є важливим агрономічним показником, який характеризує реальну кількість рослин, що з'явилися на полі після висіву насіння. Це комплексний показник, який відображає здатність насіння проростати та формувати повноцінні сходи в реальних польових умовах. На відміну від лабораторної схожості, яка визначається в контрольованих умовах, польова схожість залежить від багатьох зовнішніх факторів навколишнього середовища.

Процес формування польової схожості пов'язаний з комплексом складних агрофізичних, біологічних та кліматичних умов. Серед ключових чинників, що впливають на цей показник, - температура ґрунту, вологість, глибина загортання насіння, якість підготовки посівного ложа, наявність ґрунтової кірки, пошкодження шкідниками та патогенами.

Механізм польової схожості розпочинається з проростання насіння, коли за сприятливих умов відбувається набухання та прокльовання насіннєвої оболонки. Наступний етап передбачає появу зародкового корінця та сім'ядольних листків над поверхнею ґрунту. Саме здатність насіння пройти ці стадії та сформувати життєздатну рослину визначає рівень польової схожості.

Кількісно польова схожість виражається у відсотках та розраховується як співвідношення кількості рослин, що з'явилися, до initial кількості висіяного насіння. Оптимальні значення польової схожості можуть суттєво відрізнятися залежно від культури, сорту та конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Приділяють значну увагу підвищенню польової схожості, оскільки цей показник безпосередньо впливає на майбутню врожайність. Для покращення польової схожості використовують різні агротехнічні прийоми: якісну

передпосівну підготовку насіння, оптимальні строки сівби, точне дотримання глибини загортання, вирівнювання поверхні поля, внесення стартових добрив та захист посівів від шкідливих організмів.

Польова схожість є динамічним показником, який може змінюватися протягом вегетаційного періоду під впливом різноманітних природних та антропогенних факторів. Тому агрономічний супровід посівів, постійний моніторинг та своєчасне реагування на можливі відхилення є запорукою отримання високих та стабільних урожаїв сільськогосподарських культур.

За результатами проведених досліджень, польова схожість в наших дослідженнях була нижчою на дослідних ділянках з застосуванням мінерального удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  - в межах 85,53 – 86,96 %, що є на 4,51 – 4,47 % нижче показника польової схожості на контрольних варіантах без мінудобрення (рис. 3.1).

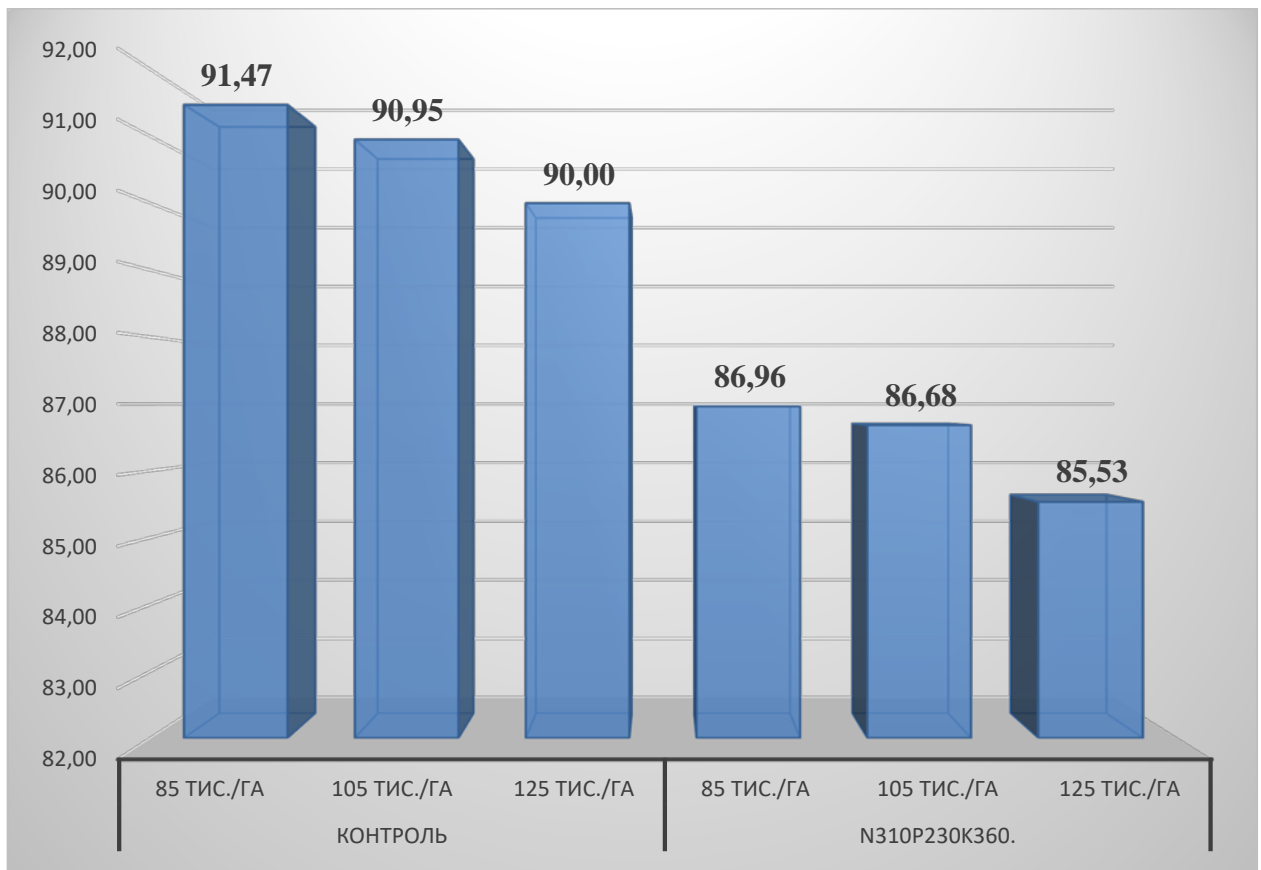


Рис. 3.1. Польова схожість рослин буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин, %, (середнє за 2023-2024рр.)

Відмічено тенденцію до зниження польової схожості за більшої норми висіву. Так, за обох рівнів удобрення найменша польова схожість була за варіанту з

густотою рослин 125 тис./га: 90,00 і 85,53%. Найвищі показники польової схожості забезпечила густота 85 тис./га: 91,47 і 86,96 %.

Впродовж вегетації, під впливом різних факторів, кількість рослин на дослідних ділянках зменшилася (рис.3.2).

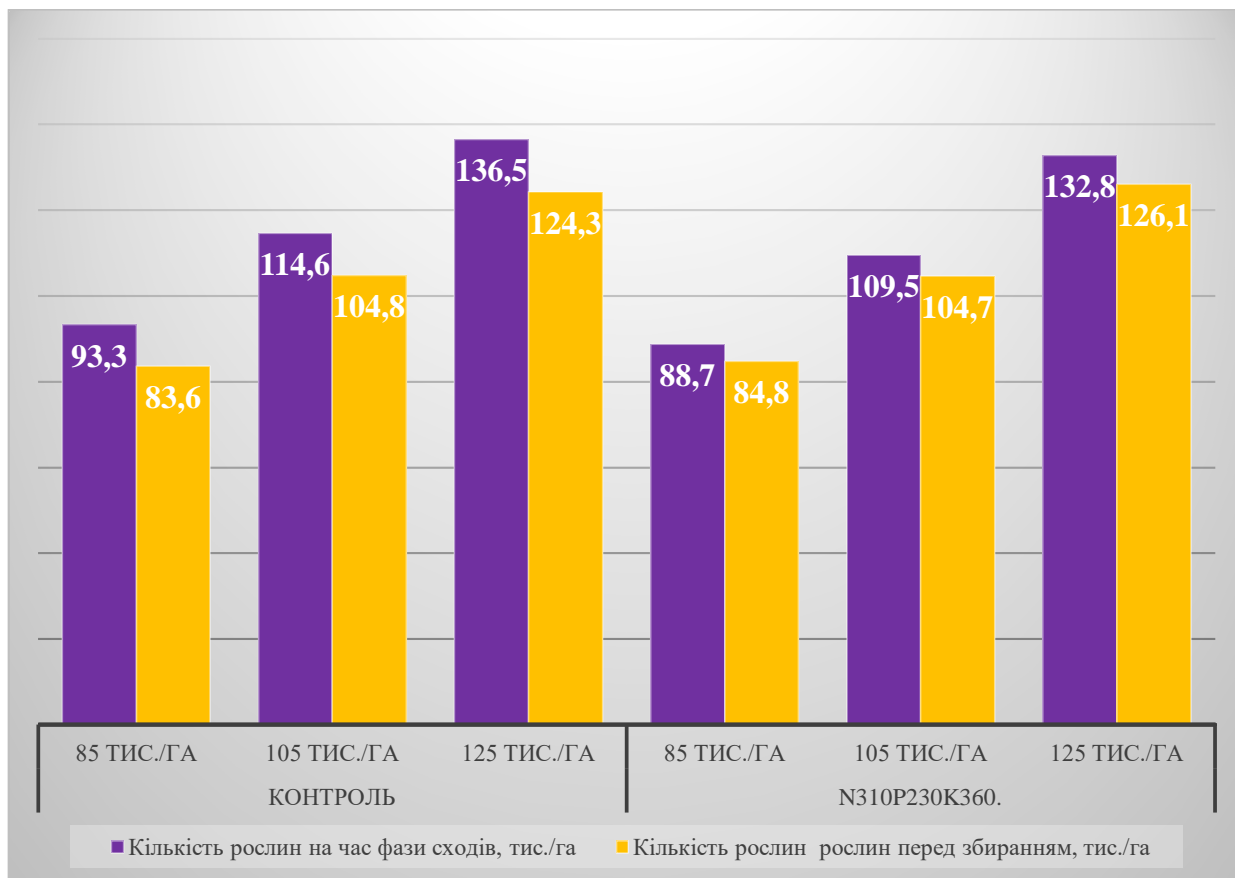


Рис. 3.2. Густота рослин буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин, (середнє за 2023-2024рр.)

За результатами проведених підрахунків кількості рослин на час збирання, відмічено найкращу виживаність рослин за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 94,95 – 95,60 %, що є на 6,0 – 3,89 % більше контрольного варіанту удобрення (рис.3.3). За варіантами густоти рослин найкращу збереженість продемонстрував варіант з густотою 105 тис./га : за контролю – 91,45 %, за рівня удобрення -  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 95,62 %.

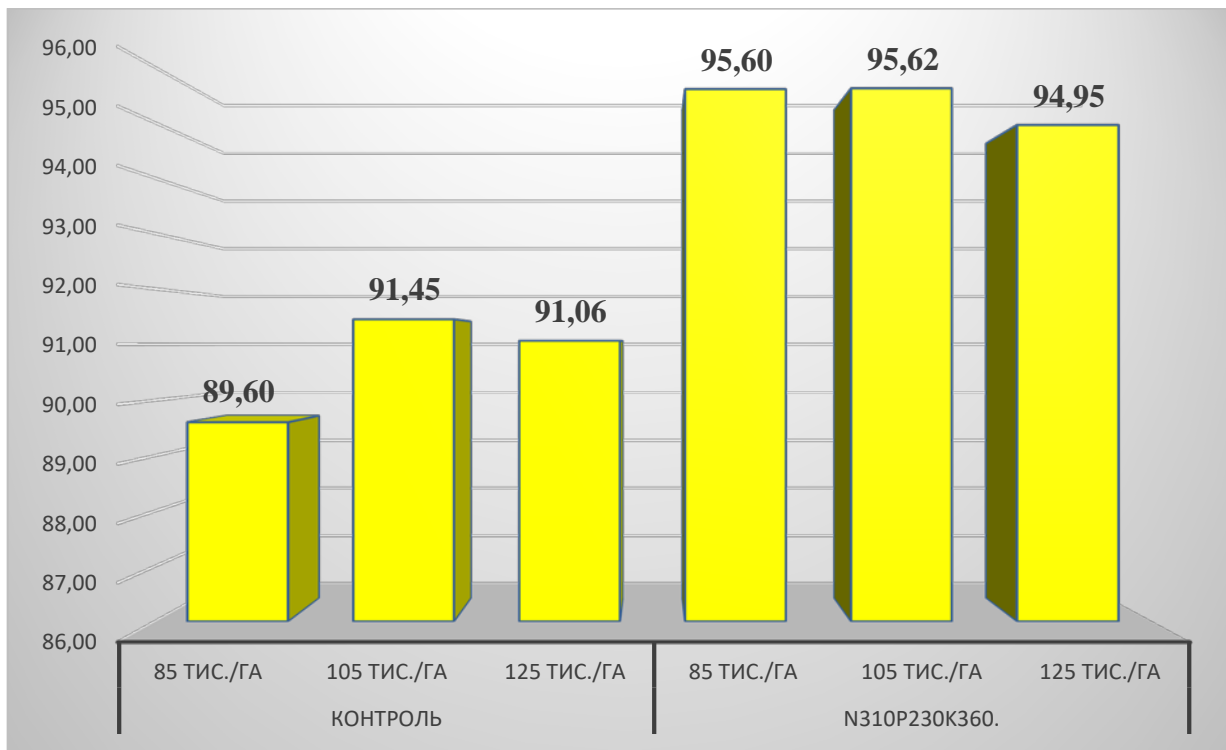


Рис. 3.3. Вживаність рослин буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин, %, (середнє за 2023-2024рр.)

Буряк цукровий є однією з провідних сільськогосподарських культур, що здатна забезпечувати високий рівень рентабельності, якщо дотримуватися сучасних агротехнічних вимог. Ефективність його вирощування багато в чому залежить від густоти рослин на полі, яка може впливати на продуктивність в межах 10%.

Протягом вегетаційного періоду рослини буряку нарощують біомасу нерівномірно. На початкових етапах вегетації основний приріст відбувається за рахунок листової маси, яка значно перевищує масу коренеплодів. Однак, у другій половині вегетаційного періоду інтенсивність росту коренеплоду значно зростає, і саме він починає домінувати за масою над листям. Така динаміка розвитку є характерною для біології буряку цукрового і важливою для оптимізації технології його вирощування.

Згідно з програмою проведення досліджень, в другій половині вегетації проводилися визначення маси рослини, коренеплоду і листя, для визначення динаміки наростання. Відмічено, що рівні удобрення і густота рослин впливали на наростання маси рослин (рис. 3.1).

Таблиця 3.1

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на динаміку формування маси коренеплоду буряку цукрового (середнє за 2023-2024рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	15.07	15.08	15.09	На час збирання
контроль	85 тис./га	118	185	236	253
	105 тис./га	105	174	214	236
	125 тис./га	98	143	207	228
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub>	85 тис./га	318	617	816	886
	105 тис./га	244	496	698	753
	125 тис./га	199	423	636	686

Найбільшу масу коренеплоду на час збирання забезпечив варіант густоти рослин буряку цукрового 85 тис./га за обох варіантів удобрення: на контролі – 253 г, за удобрення нормою N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 886 г, що є на 17 і 133 г більше густоти 105 тис./га.

У процесі вегетації буряк цукровий демонструє нерівномірне наростання маси коренеплоду та листя, що пов'язано з фазами розвитку рослини та зміною фізіологічних потреб.

На початкових етапах вегетації, коли рослина тільки формує листковий апарат, основна енергія спрямовується на розвиток листя. Листя виконує важливу функцію фотосинтезу, забезпечуючи рослину поживними речовинами, необхідними для подальшого зростання. У цей період маса листя значно перевищує масу коренеплоду, оскільки саме листковий апарат відіграє вирішальну роль у формуванні потенціалу врожайності.

У міру накопичення листкової маси та зміцнення фотосинтетичного апарату рослина поступово змінює свої фізіологічні пріоритети. У середній



фазі вегетації, коли листя вже досягає оптимального розміру і ефективності, починається активніше формування коренеплоду. Рослина спрямовує продукти фотосинтезу, такі як вуглеводи, до кореня, де вони накопичуються у формі цукрів. У цей час темпи наростання маси листя уповільнюються, тоді як коренеплід починає активно збільшуватися у розмірах і вазі.

Найбільшу масу листя було зафіксовано станом на 15 серпня на усіх досліджуваних варіантах, що відповідає біологічним особливостям росту і розвитку буряків цукрових (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на динаміку формування маси листя буряку цукрового (середнє за 2023-2024рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	15.07	15.08	15.09	На час збирання
контроль	85 тис./га	195	204	178	157
	105 тис./га	186	207	163	137
	125 тис./га	158	178	144	124
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub> .	85 тис./га	386	413	375	346
	105 тис./га	344	375	337	299
	125 тис./га	276	329	296	268

На час збирання маса листя була найбільшою за варіанту густоти рослин буряку цукрового 85 тис./га за обох варіантів удобрення: на контролі – 157 г, за удобрення нормою N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 346 г. Найменший показник маси листя було густоти 125 тис./га: на контролі – 124 г, за удобрення нормою N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 268 г.

У другій половині вегетаційного періоду переважання росту коренеплоду стає ще більш вираженим. Листя продовжує функціонувати як джерело

фотосинтезу, але приріст його маси майже зупиняється. Усі поживні речовини і продукти фотосинтезу спрямовуються на накопичення в коренеплоді, який стає основним резервуаром енергії у вигляді сахарози.

Таблиця 3.3

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на динаміку формування загальної маси рослини буряку цукрового (середнє за 2023-2024рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	15.07	15.08	15.09	На час збирання
контроль	85 тис./га	313	389	414	410
	105 тис./га	291	381	377	373
	125 тис./га	256	321	351	352
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub>	85 тис./га	704	1030	1191	1232
	105 тис./га	588	871	1035	1052
	125 тис./га	475	752	932	954

Наприкінці вегетації маса коренеплоду значно перевищує масу листя, що є результатом адаптивного механізму рослини, спрямованого на створення запасів для наступного циклу життя. Ця особливість розвитку робить буряк цукровий високопродуктивною культурою за умови правильного управління його вирощуванням.

Із збільшенням рівня удобрення маса рослин збільшувалася, тоді як із збільшенням густоти рослин, навпаки, маса рослин зменшувалася (рис. 3.3).

Найменшу масу рослини буряку цукрового було отримано за обох рівнів удобрення у варіанті із густотою 125 тис./га – 352 та 954 г, найбільшу, за густоти 85 тис./га – 410 та 1232 г.

Формування листкової площі у рослин буряку цукрового є одним із ключових процесів, що визначає продуктивність культури. Листя виконує

роль головного фотосинтетичного апарату, завдяки якому рослина здатна забезпечити себе енергією та будівельним матеріалом для росту. У період вегетації листкова площа наростає поступово, досягаючи максимуму в середині сезону, що визначається фазами розвитку рослини, її біологічними потребами та впливом зовнішніх факторів, таких як температура, освітлення, вологість і доступність поживних речовин.

На початкових етапах вегетації буряк цукровий формує перші справжні листки, які розвиваються повільно, оскільки рослина спрямовує частину ресурсів на розвиток кореневої системи. Поступове збільшення кількості листків і їхньої площі забезпечує ріст фотосинтетичної активності, що створює базу для подальшого накопичення біомаси. У цій фазі формуються умови для закладки потужного листкового апарату, здатного ефективно використовувати сонячну енергію.

Зі збільшенням кількості листків і їхньої площі рослина починає використовувати максимальну кількість світла для синтезу органічних речовин, які спрямовуються як на розвиток нових листків, так і на ріст коренеплоду. Максимальна листкова площа, яка зазвичай формується у середині вегетаційного періоду, має вирішальне значення для фотосинтетичної продуктивності. У цей час інтенсивність фотосинтезу дозволяє накопичувати значну кількість сахарози, яка згодом буде депонована у коренеплоді.

Рівні удобрення і густина рослин впливали на утворення площі листкової поверхні буряку цукрового. Згідно ботаніко - біологічних властивостей, найбільшу площу листкової поверхні буряку цукрового було відзначено станом на 15 серпня. На контролі без мінерального удобрення площа листкової поверхні знаходилася в межах 2149 – 2794, за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 3575 – 4996  $cm^2/roslinu$ . За варіантами густоти рослин найвищий показник площі листкової поверхні було відмічено за густоти 85 тис./га: на контролі – 2794  $cm^2/roslinu$ , за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 4996  $cm^2/roslinu$ .

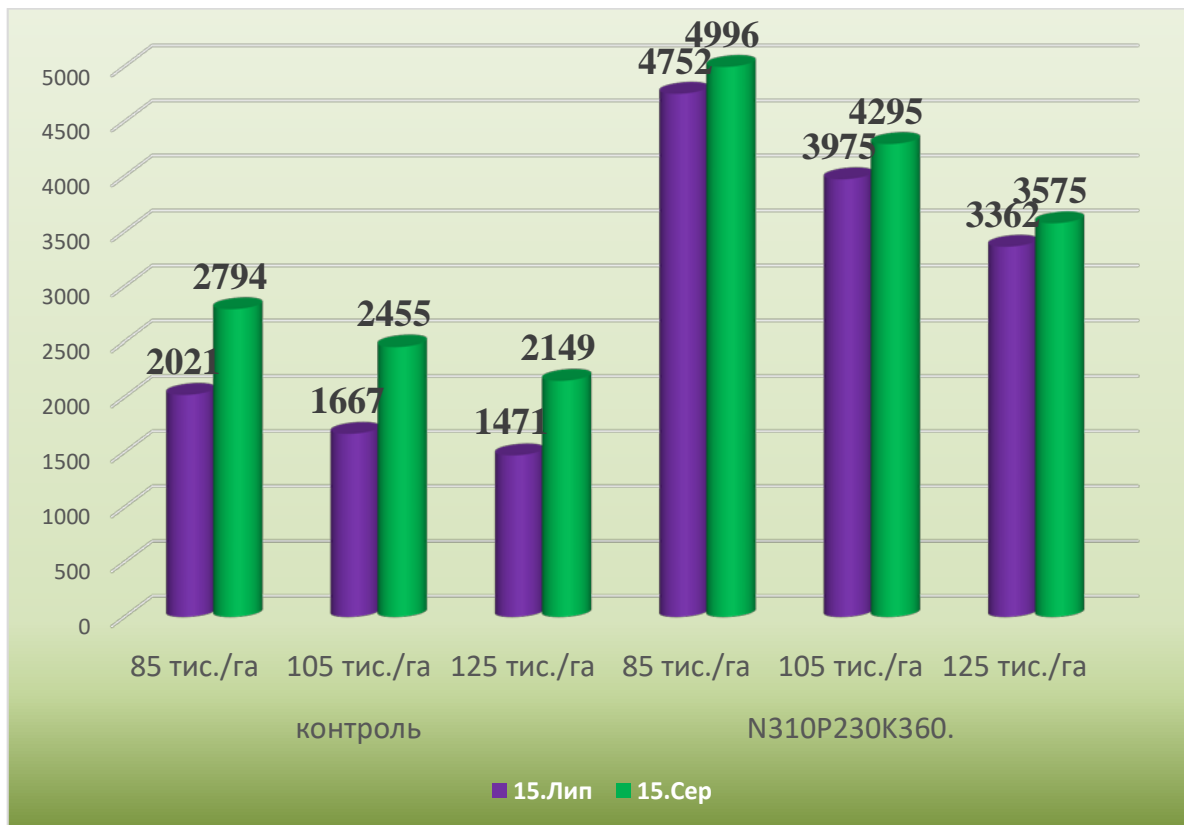


Рис. 3.4. Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на динаміку формування площі листової поверхні рослин буряка цукрового см<sup>2</sup>/рослину, (середнє за 2023-2024рр.)

Листкова площа також відіграє важливу роль у регуляції водного балансу рослини. Завдяки випаровуванню вологи через продихи листків, рослина підтримує рух води та поживних речовин із ґрунту, а також забезпечує охолодження в умовах підвищених температур. Разом із тим, оптимальна густина і площа листового апарату сприяють захисту рослини від перегріву, затіняючи ґрунт і зменшуючи випаровування води.

Наприкінці вегетації, коли фотосинтетична активність листового апарату починає знижуватися, рослина спрямовує основну частину асимілятів у коренеплід. Листя поступово старіє і втрачає свою активність, але його роль у початкових і середніх фазах росту є визначальною для формування високого врожаю і технологічних якостей коренеплодів. Таким чином, розмір, стан і функціональна активність листової площі прямо впливають на продуктивність буряку цукрового, роблячи її одним із головних об'єктів агрономічного управління.

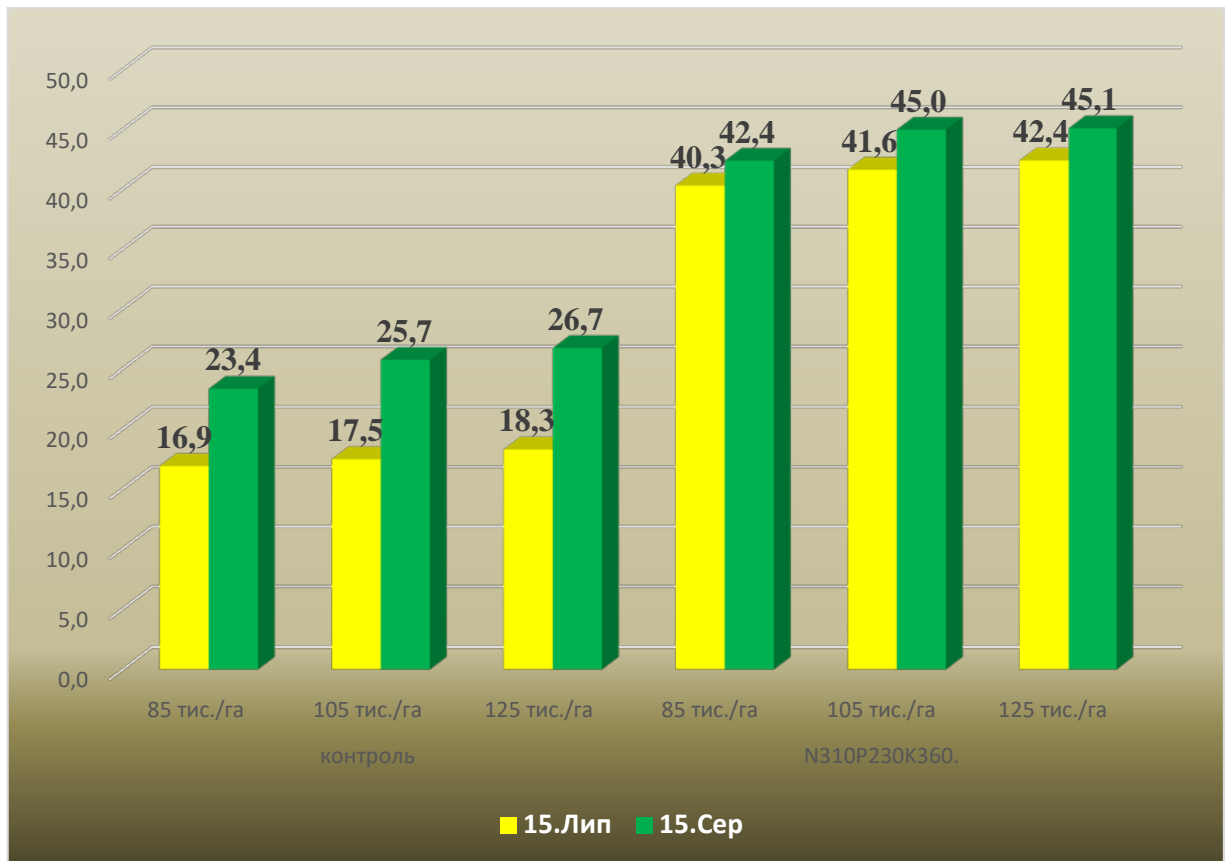


Рис. 3.5. Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на динаміку формування площі листкової поверхні буряка цукрового тис. м<sup>2</sup>/га, (середнє за 2023-2024рр.)

Впродовж вегетації найбільша площа листкової поверхні однієї рослини сформувалася за густоти стояння рослин 85 тис./га, проте, в перерахунку на 1 га найбільшу листкову поверхню було сформовано за густоти рослин 125 тис./га на варіанті з рівнем удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> на 15 серпня 45,1 тис. м<sup>2</sup>/га (рис. 3.5).

Отже, рівні удобрення і густина рослин впливали на утворення площі листкової поверхні буряку цукрового. Згідно ботаніко - біологічних властивостей, найбільшу площу листкової поверхні буряку цукрового було відзначено станом на 15 серпня. На контролі без мінерального удобрення площа листкової поверхні знаходилася в межах 2149 – 2794, за рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 3575 – 4996 см<sup>2</sup>/рослину. За варіантами густоти рослин найвищий показник площі листкової поверхні було відмічено за

густоти 85 тис./га: на контролі – 2794 см<sup>2</sup>/рослину, за рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 4996 см<sup>2</sup>/рослину.

Впродовж вегетації найбільша площа листкової поверхні однієї рослини сформувалася за густоти стояння рослин 85 тис./га, проте, в перерахунку на 1 га найбільшу листкову поверхню було сформовано за густоти рослин 125 тис./га на варіанті з рівнем удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub>- на 15 серпня 45,1 тис. м<sup>2</sup>/га.

### **3.2 Урожайність буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин**

Правильне розташування рослин буряку цукрового на полі є одним із вирішальних факторів, що впливають на майбутній урожай коренеплодів. У разі надмірної густоти посівів рослини конкурують за світло, вологу та поживні речовини, що призводить до формування дрібних і витягнутих коренеплодів. Така продукція не лише має знижену якість, але й значна її частина втрачається під час механізованого збирання через складність вилучення дрібних коренеплодів. З іншого боку, надмірно розріджені посіви також негативно позначаються на врожайності: недостатнє використання посівної площі створює умови для поширення бур'янів, які зменшують ефективність агротехнічних заходів. Крім того, у таких умовах коренеплоди часто досягають надмірно великих розмірів, що робить їх більш вразливими до пошкоджень під час роботи бурякозбиральної техніки, знижуючи якість і товарність врожаю.

Важливим інструментом у забезпеченні збалансованого росту і розвитку рослин є раціональне внесення мінеральних добрив. Оптимізоване живлення створює сприятливі умови для фізіологічних процесів, що лежать в основі формування високого врожаю. Належне забезпечення рослин поживними елементами не лише підвищує їхню продуктивність, але й сприяє оптимальному розвитку коренеплодів, зменшуючи ризик негативного впливу як загущеності, так і зрідженості посівів.

Таблиця 3.4

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на урожайність буряку цукрового, 2023 р.

Рівень удобрення	Густота рослин	Врожайність, т/га	Приріст до контролю удобрення	
			т/га	%
контроль	85 тис./га	20,8	-	-
	105 тис./га	23,7	-	-
	125 тис./га	26,6	-	-
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub> .	85 тис./га	75,7	54,9	264
	105 тис./га	79,8	56,1	237
	125 тис./га	85,1	58,5	220

НІР<sub>05</sub> –А - 1,37 т/га; В – 1,94 т/га; АВ – 1,94 т/га.

За результатами досліджень встановлено вплив рівнів удобрення і густоти рослин на формування урожайності буряку цукрового. У 2023 році рівень урожаю був дещо нижчим відносно 2024 року (табл. 3.4).

Найменшу урожайність коренеплодів буряків цукрових було отримано на контрольному варіанті за густоти рослин 85 тис./га – 20,8 т/га у 2023 році, та 21,7 т/га у 2024 році (табл. 3.4, 3.5). Збільшення густоти посіву до 125 тис./га, забезпечило найвищий показник урожайності, стосовно контрольної густоти 105 тис./га приріст становив в середньому за 2023 -2024 рр. досліджень, на контролі – 3,15 т/га, за рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> – 5,1 т/га.

Таблиця 3.5

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на урожайність буряку цукрового, 2024 р.

Рівень удобрення	Густота рослин	Врожайність, т/га	Приріст до контролю удобрення	
			т/га	%
контроль	85 тис./га	21,7	-	-
	105 тис./га	24,7	-	-
	125 тис./га	28,1	-	-
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub> .	85 тис./га	76,5	54,8	252
	105 тис./га	80,8	56,1	227
	125 тис./га	85,7	57,6	205

НІР<sub>05</sub> –А - 1,45 т/га; В – 2,05 т/га; АВ – 2,05 т/га.

Ефективне використання мінеральних добрив є ключовим чинником у забезпеченні високого врожаю коренеплодів буряку цукрового. При цьому особливу роль відіграє збалансоване співвідношення поживних елементів, яке відповідає потребам рослин на різних етапах їхнього розвитку. Максимальна віддача від мінерального удобрення спостерігається в роки з достатнім рівнем опадів, коли добрива можуть повністю розчинитися в ґрунті, що забезпечує доступність поживних речовин для кореневої системи рослин. У таких умовах рослини активно поглинають елементи живлення, що сприяє їх інтенсивному росту, розвитку коренеплодів і підвищенню їхньої якості.

Таблиця 3.6

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на урожайність буряку цукрового (2023 - 2024 рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	Врожайність, т/га	Приріст до контролю удобрення	
			т/га	%



контроль	85 тис./га	21,25	-	-
	105 тис./га	24,20	-	-
	125 тис./га	27,35	-	-
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub>	85 тис./га	76,10	54,9	258
	105 тис./га	80,30	56,1	232
	125 тис./га	85,40	58,05	212

Отже, за результатами досліджень, за рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> і густоти рослин 125 тис./га були створені оптимальні умови для росту і розвитку рослин буряку цукрового, що забезпечило найвищий рівень врожайності по досліді – 85,4 т/га. По відношенню до контрольної густоти приріст становив 5,1 т/га. Впродовж вегетації за проведення динаміки наростання маси рослин, коренеплодів та листя за густоти 80 тис./га було зафіксовано найбільші показники, проте саме за цієї густоти було отримано найнижчий рівень урожайності – 76,1 т/га.

### **3.3 Цукристість буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин**

Рівень удобрення та густина рослин значно впливають на цукристість коренеплодів буряку цукрового, адже ці фактори визначають умови живлення і розвитку рослин протягом вегетації. Високі норми азотних добрив можуть сприяти інтенсивному росту вегетативної маси, однак надлишок азоту часто знижує цукристість коренеплодів через накопичення небілкових азотистих сполук. Навпаки, оптимальне внесення калійних і фосфорних добрив підвищує синтез цукрів, сприяє їхньому переміщенню до коренеплодів і накопиченню, покращуючи якість врожаю.

Густота посівів також суттєво впливає на цукристість. У загущених посівах рослини змушені конкурувати за світло, воду та поживні речовини, що обмежує доступність ресурсів і знижує накопичення цукрів у коренеплодах. У зріджених посівах рослини отримують більше ресурсів на одиницю площі, що сприяє формуванню більших коренеплодів, однак надмірна густота може впливати на якість соку і технологічні показники. Оптимальна густота посівів у поєднанні з правильним рівнем удобрення дозволяє забезпечити збалансований ріст і розвиток рослин, що є важливим для досягнення максимальної цукристості коренеплодів.

За результатами досліджень встановлено вплив рівнів удобрення і густоти рослин на цукристість коренеплодів буряків цукрових. Із збільшенням кількості рослин на ділянці рівень цукристості коренеплодів зростає. Найбільший вміст цукру в коренеплодах відзначено за контрольного варіанту без застосування мінеральних добрив і найбільшої густоти рослин 125 тис./га – 17,8 %. Найнижчий рівень цукристості було отримано за удобрення нормою  $N_{310}P_{230}K_{360}$  і густоти рослин 85 тис./га – 16,1 %.

На зріджених посівах буряку цукрового формуються крупні коренеплоди, у яких вміст цукрози в клітинному соку зазвичай нижчий. Натомість у менших за розміром коренеплодах утворюються дрібніші клітини, які містять більшу концентрацію цукрози. Крім того, на зріджених посівах спостерігається значне розростання верхньої частини коренеплоду, так званої головки, яка характеризується найнижчою цукристістю. Це явище негативно впливає на загальний рівень цукристості врожаю.

Таблиця 3.7

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на цукристість коренеплодів буряку цукрового (2023 - 2024 рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	Цукристість, %	Приріст до контролю удобрення, %

контроль	85 тис./га	17,1	-
	105 тис./га	17,5	-
	125 тис./га	17,8	-
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub> .	85 тис./га	16,1	-1,0
	105 тис./га	16,6	-0,9
	125 тис./га	16,8	-1,0

Цукристість коренеплодів буряку цукрового найбільш інтенсивно зростає у червні та липні. Основне збільшення маси коренеплодів відбувається у другій половині липня та на початку вересня, що сприяє підвищенню виходу цукру в цей період. Одночасно у коренеплодах зменшується кількість мелясоутворюючих речовин, які заважають кристалізації цукру під час його видобування, оскільки вони не видаляються із соку. До таких речовин належать мінеральні солі калію і натрію (розчинна зола), а також азотисті сполуки, як-от амінокислоти й аміді, що відомі як "шкідливий азот".

За результатами врожайності та цукристості буряку цукрового було проведено вирахування біологічного виходу цукру (табл. 3.7). Застосування мінерального удобрення у нормі N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> забезпечило приріст врожайності коренеплодів, що, незважаючи на нижчий вміст цукру, дало найвищий вихід цукру: 12,25 т/га – за густоти 85 тис./га, 13,33 т/га – за густоти 105 тис./га. Найвищий біологічний вихід було отримано у варіанті із удобренням N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> за густоти 125 тис./га – 14,35 т/га, приріст до контролю без удобрення становив 198,7 %.

Таблиця 3.8

Вплив рівнів удобрення і густоти рослин на біологічний вихід цукру  
(2023 - 2024 рр.)

Рівень удобрення	Густота рослин	Збір цукру, т/га	Приріст до контролю удобрення, %
контроль	85 тис./га	3,63	-
	105 тис./га	4,24	-
	125 тис./га	4,87	-
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub>	85 тис./га	12,25	8,62
	105 тис./га	13,33	9,09
	125 тис./га	14,35	9,48

Застосування мінерального удобрення у нормі N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> забезпечило приріст врожайності коренеплодів, що, незважаючи на нижчий вміст цукру, дало найвищий вихід цукру: 12,25 т/га – за густоти 85 тис./га, 13,33 т/га – за густоти 105 тис./га. Найвищий біологічний вихід було отримано у варіанті із удобренням N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> за густоти 125 тис./га – 14,35 т/га, приріст до контролю без удобрення становив 198,7 %.

### **3.4 Економічна й енергетична ефективність вирощування буряку цукрового залежно від рівнів удобрення і густоти рослин**

У сучасних ринкових умовах важливим завданням є пошук найбільш ефективних способів застосування мінеральних добрив у технології вирощування буряку цукрового. Інтенсивна технологія, яка забезпечує високий рівень урожайності та якості коренеплодів, залишається однією з найдорожчих у сільському господарстві. Серед усіх статей витрат найбільшу частку займають витрати на мінеральні добрива, які відіграють вирішальну роль у формуванні врожаю. Тому оптимізація їх застосування має значення як для зниження собівартості продукції, так і для забезпечення стійкого розвитку аграрного виробництва.

**Економічна ефективність вирощування буряка цукрового залежно від  
рівнів удобрення і густоти рослин**

Рівень удобрення	Густота рослин	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн/га	Витрати, грн/га	Прибуток, грн/га	Собівартість коренеплодів, грн/т	Рівень рентабельності, %	Коефіцієнт енергетичної ефективності, К <sub>е</sub>
контроль	85 тис./га	21,25	42500	24872	17628	1170	70,9	2,72
	105 тис./га	24,2	48400	25232	23168	1043	91,8	3,03
	125 тис./га	27,35	54700	25592	29108	936	113,7	3,42
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>360</sub> .	85 тис./га	76,1	152200	73706	78494	969	106,5	3,79
	105 тис./га	80,3	160600	74066	86534	922	116,8	3,96
	125 тис./га	85,4	170800	74426	96374	871	129,5	4,25

З огляду на урожайність коренеплодів буряку цукрового найвищу вартість врожаю отримали у варіанті з удобренням N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub>: за густоти 85 тис./га 152200 грн/га, за густоти 105 тис./га – 160600 грн/га, за густоти 125 тис./га - 170800 грн/га (табл. 3.8). За використання рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub> у дослідженні були найвищі витрати на 1 га площі, проте у цьому варіанті було отримано найбільші показники чистого прибутку і рентабельності, а саме за густоти 125 тис./га – 96374 грн/га і 116,8 % відповідно, та водночас, найнижчу собівартість – 871 грн/т.

Таблиця 3.10

**Енергетична ефективність вирощування буряка цукрового залежно від  
рівнів удобрення і густоти рослин**

Рівень удобрення	Густота рослин	Урожайн ість, т/га	Енергоємніс ть урожаю з 1 га, млн ккал	Витрати енергії на 1 га, млн ккал	Коефіцієнт енергетич ної ефективно сті, К <sub>е</sub>
контроль	85 тис./га	21,25	13,3	4,9	2,72
	105 тис./га	24,2	14,8	4,9	3,03
	125 тис./га	27,35	16,7	4,9	3,42
N <sub>310</sub> P <sub>230</sub> K <sub>36</sub> 0	85 тис./га	76,1	48,4	12,8	3,79
	105 тис./га	80,3	50,6	12,8	3,96
	125 тис./га	85,4	54,2	12,8	4,25

Технологія вирощування буряка цукрового є надзвичайно складним та ресурсномістким процесом, який вимагає значних фінансових та трудових інвестицій. Через високу вартість та трудомісткість виробництва вчені розробили комплексний підхід до оцінки ефективності агротехнологічних процесів, який виходить за межі традиційних економічних показників.

Особливістю цього підходу стало запровадження енергетичного оцінювання, методологія якого ґрунтується на принципі порівняння двох ключових енергетичних потоків: енергії, акумульованої безпосередньо у сформованому врожаї, та сукупної енергії, витраченої на всіх етапах вирощування буряка цукрового.

Суть методу полягає у детальному енергетичному балансі, де кожен технологічний прийом, кожна операція з обробітку ґрунту, внесення добрив, захисту рослин та збирання врожаю розглядаються крізь призму енергетичних витрат. Такий підхід дозволяє не лише оцінити економічну доцільність, але й визначити реальну енергетичну ефективність технології вирощування сільськогосподарської культури.

Порівняння акумульованої в урожаї та витраченої енергії надає можливість науковцям та аграріям об'єктивно оцінити раціональність обраних агротехнологічних рішень, їхню здатність максимально ефективно перетворювати вкладену енергію в корисну сільськогосподарську продукцію.

За результатами визначення енергетичної ефективності виявлено, що за густоти 125 тис./га і за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  забезпечило найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності серед варіантів дослідів – 4,25  $K_{ee}$  (табл. 3.9).

Згідно результатів проведеного дослідження встановлено, що вирощування буряку цукрового за рівні удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  та густоти рослин 125 тис./га є економічно і енергетично вигідно, оскільки забезпечується найвищий показник економічної й енергетичної ефективності.

## ВИСНОВКИ

1. Польова схожість в наших дослідженнях була нижчою на дослідних ділянках з застосуванням мінерального удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  - в межах 85,53 – 86,96 %, що є на 4,51 – 4,47 % нижче показника польової схожості на контрольних варіантах без мінерального удобрення. Відмічено тенденцію до зниження польової схожості за більшої норми висіву. Так, за обох рівнів удобрення найменша польова схожість була за варіанту з густотою рослин 125 тис./га: 90,00 і 85,53%. Найвищі показники польової схожості забезпечила густота 85 тис./га: 91,47 і 86,96 %.

2. Рівень удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  спричинив до зниження польової схожості рослин, проте забезпечив кращу виживаність рослин буряку цукрового впродовж вегетації – 94,95 – 95,60 %, що є на 6,0 – 3,89 % більше контрольного варіанту удобрення. За варіантами густоти рослин найкращу

збереженість продемонстрував варіант з густотою 105 тис./га : за контролю – 91,45 %, за рівня удобрення -  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 95,62 %.

3. Рівні удобрення і густина рослин впливали на наростання маси рослин. Найбільшу масу коренеплоду на час збирання забезпечив варіант густоти рослин буряку цукрового 85 тис./га за обох варіантів удобрення: на контролі – 253 г, за удобрення нормою  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 886 г, що є на 17 і 133 г більше густоти 105 тис./га.

4. Найбільшу масу листя було зафіксовано станом на 15 серпня на усіх досліджуваних варіантах, що відповідає біологічним особливостям росту і розвитку буряків цукрових. На час збирання маса листя була найбільшою за варіанту густоти рослин буряку цукрового 85 тис./га за обох варіантів удобрення: на контролі – 157 г, за удобрення нормою  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 346 г. Найменший показник маси листя було густоти 125 тис./га: на контролі – 124 г, за удобрення нормою  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 268 г.

5. Із збільшенням рівня удобрення маса рослин збільшувалася, тоді як із збільшенням густоти рослин, навпаки, маса рослин зменшувалася. Найменшу масу рослини буряку цукрового було отримано за обох рівнів удобрення у варіанті із густотою 125 тис./га – 352 та 954 г, найбільшу, за густоти 85 тис./га – 410 та 1232 г.

6. Рівні удобрення і густина рослин впливали на утворення площі листової поверхні буряку цукрового. Згідно ботаніко - біологічних властивостей, найбільшу площу листової поверхні буряку цукрового було відзначено станом на 15 серпня. На контролі без мінерального удобрення площа листової поверхні знаходилася в межах 2149 – 2794, за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 3575 – 4996 см<sup>2</sup>/рослину. За варіантами густоти рослин найвищий показник площі листової поверхні було відмічено за густоти 85 тис./га: на контролі – 2794 см<sup>2</sup>/рослину, за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  – 4996 см<sup>2</sup>/рослину.

7. Впродовж вегетації найбільша площа листової поверхні однієї рослини сформувалася за густоти стояння рослин 85 тис./га, проте, в перерахунку на 1 га найбільшу листову поверхню було сформовано за



густоти рослин 125 тис./га на варіанті з рівнем удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  на 15 серпня 45,1 тис. м<sup>2</sup>/га.

8. За результатами досліджень, за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  і густоти рослин 125 тис./га були створені оптимальні умови для росту і розвитку рослин буряку цукрового, що забезпечило найвищий рівень врожайності по досліді – 85,4 т/га. По відношенню до контрольної густоти приріст становив 5,1 т/га. Впродовж вегетації за проведення динаміки наростання маси рослин, коренеплодів та листя за густоти 80 тис./га було зафіксовано найбільші показники, проте саме за цієї густоти було отримано найнижчий рівень урожайності – 76,1 т/га.

9. За результатами досліджень встановлено вплив рівнів удобрення і густоти рослин на цукристість коренеплодів буряків цукрових. Із збільшенням кількості рослин на ділянці рівень цукристості коренеплодів зростає. Найбільший вміст цукру в коренеплодах відзначено за контрольного варіанту без застосування мінеральних добрив і найбільшої густоти рослин 125 тис./га – 17,8 %. Найнижчий рівень цукристості було отримано за удобрення нормою  $N_{310}P_{230}K_{360}$  і густоти рослин 85 тис./га – 16,1 %.

10. Застосування мінерального удобрення у нормі  $N_{310}P_{230}K_{360}$  забезпечило приріст врожайності коренеплодів, що, незважаючи на нижчий вміст цукру, дало найвищий вихід цукру: 12,25 т/га – за густоти 85 тис./га, 13,33 т/га – за густоти 105 тис./га. Найвищий біологічний вихід було отримано у варіанті із удобренням  $N_{310}P_{230}K_{360}$  за густоти 125 тис./га – 14,35 т/га, приріст до контролю без удобрення становив 198,7 %.

11. За використання рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  у дослідженні були найвищі витрати на 1 га площі, проте у цьому варіанті було отримано найбільші показники чистого прибутку і рентабельності, а саме за густоти 125 тис./га – 96374 грн/га і 116,8 % відповідно, та водночас, найнижчу собівартість – 871 грн/т.

12. За результатами визначення енергетичної ефективності виявлено, що за густоти 125 тис./га і за рівня удобрення  $N_{310}P_{230}K_{360}$  забезпечило

найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності серед варіантів дослідів – 4,25  
К<sub>е</sub>.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

В умовах Західного Лісостепу на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах, для отримання врожайності коренеплодів буряка цукрового понад 85,4 т/га, цукристості 17,8 % та виходу цукру 14,35 т/га, доцільно, застосовувати густоту рослин 125 тис.шт./га за рівня удобрення N<sub>310</sub>P<sub>230</sub>K<sub>360</sub>.

### **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Бездудний Г. І., Філоненко С. В. Урожайність цукрових буряків залежно від норм висіву насіння. *Актуальні проблеми вирощування та переробки продукції рослинництва*: матеріали II наук.-практ. інтернет-конф., 17-18 квіт. 2014 р. Полтава, 2014. С. 10–13.
2. Борисюк В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на ріст, розвиток рослин і продуктивність цукрових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2011. № 15(2). С. 70–76.
3. Борисюк В. С., Бомба М. І. Вплив рівнів удобрення на ріст і розвиток рослин цукрових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2012. № 16. С. 536–540.
4. Вимоги біоадаптивної технології виробництва цукрових буряків до основного обробітку ґрунту / В. М. Сінченко та ін. *Цукрові буряки*. 2013. № 4. С. 5–10.
5. Головний сайт для агрономів. КОНВІЗО® СМАРТ – революція вирощування цукрового буряка. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/articles/77-konvizo-smart--revolyutsiya-viroschuvannya-tsukrovogo-buryaka> (дата звернення: 29.11.2022).
6. Гринів С. М. Вплив мінерального живлення на продуктивність цукрових буряків. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2012. Вип. 14. С. 56–59.
7. Гринів С. М. Густота стояння рослин і строки збирання буряків цукрових як фактори підвищення їхньої продуктивності. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 7. С. 34–35.
8. Гусєв Е. А. Площа живлення та її оптимальні параметри. *Цукрові буряки*. 2010. № 4. С. 22–23.
9. Данилюк В., Вислободська М., Лагуш Н. Удобрення як чинник впливу на продуктивність цукрових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17(1). С. 178–182.
10. Дегодюк С. Е., Літвінова О. А., Кириченко А. В. Баланс поживних речовин за тривалого застосування добрив у зерно-просапній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 7. С. 16–19.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 379 с.
12. Енергетична ефективність цукрових буряків залежно від густоти стояння рослин / В. Л. Курило, О. М. Ганженко, Ю. П. Дубовий, А. С. Макаренко. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. праць / Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. Київ: ФОП Корзун Д. Ю., 2013. Вип. 19. С. 68–73.
13. Заришняк А. С., Гринів С. М. Вплив рівня мінерального живлення, густоти стояння на урожайність та якість коренеплодів цукрових буряків. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 9. С. 11–14.
14. Заришняк А. С., Руцька С. Л., Калібабчук Т. В. Добрива, врожайність та винос елементів живлення. *Цукрові буряки*. 2002. № 1. С. 6–7.
15. Заришняк А. С., Савчук К. А. Норми і способи внесення мінеральних добрив під цукрові буряки. *Цукрові буряки*. 2005. № 5. С. 8–9.
16. Іващенко О. О. Вплив світлового режиму на мінеральне живлення рослин. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 12. С. 32–34.
17. Карпук Л. Динаміка формування листкового апарату і маси коренеплодів цукрових буряків залежно від густоти насадження. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17(2). С. 68–72.
18. Карпук Л. М. Біологічні та технологічні основи інтенсифікації виробництва буряків цукрових у правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... доктора с.-г. наук. Київ, 2015. 45 с.
19. Карпук Л. М. Особливості росту і розвитку цукрових буряків різних гібридів. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. Київ, 2012. Вип. 15. С. 108–111.
20. Карпук Л. М. Рівномірність розміщення та особливості росту і розвитку рослин цукрових буряків залежно від густоти насадження. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2013. Вип. 82. С. 107–112.

21. Карпук Л. М. Рівномірність розміщення та ріст і розвиток рослин цукрового буряка залежно від якості насіння. *Насінництво: теорія і практика технологій вирощування та оздоровлення насіння та садивного матеріалу, конкурентоздатних в умовах європейського ринку*. Сімферополь: ВД Аріал, 2012. С. 140–142.

22. Карпук Л. М. Урожайність свекловичних плантацій в залежності от густоти насадження растений. *Сахарная свекла*. 2013. № 6. С. 13–15.

23. Карпук Л. М. Формування продуктивності буряків цукрових залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Агробіологія: зб. наук. праць*. Біла Церква, 2013. Вип. 11(104). С. 60–64.

24. Карпук Л. М. Фотосинтетична продуктивність цукрових буряків залежно від агротехнологічних прийомів вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць / Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України*. Київ: ФОП Корзун Д. Ю., 2014. Вип. 21. С. 84–92.

25. Карпук Л. М. Фотосинтетична продуктивність цукрових буряків залежно від густоти насадження рослин. *Агробіологія: зб. наук. праць*. Біла Церква, 2013. Вип. 10(100). С. 13–18.

26. Карпук Л. М., Кикало М. М. Особливості росту і розвитку біологічних форм цукрових буряків залежно від норм висіву насіння. *Агробіологія: зб. наук. праць*. Біла Церква, 2014. Вип. 1 (109). С. 44–47.

27. Конвізо Смарт – ключ до оптимізації вирощування буряку цукрового - AgroTimes. AgroTimes. URL: <https://agrotimes.ua/article/konvizo-smart-klyuch-do-optimizaciyi-viroshchuvannya-cukrovih-buryakiv/> (дата звернення: 29.11.2022).

28. Конвізо смарт. Рекомендації буряківникам. From seed to sugar beet. URL: [https://www.sesvanderhave.com/files/Research-innovation/CONVISO-SMART/SESVanderHave\\_Grower-Manual\\_Conviso\\_Smart\\_Ukraine.pdf](https://www.sesvanderhave.com/files/Research-innovation/CONVISO-SMART/SESVanderHave_Grower-Manual_Conviso_Smart_Ukraine.pdf) (дата звернення: 29.11.2022).

29. Костючко С. С. Урожайність гібридів цукрових буряків залежно від удобрення. Агрохімічні та агроекологічні проблеми підвищення родючості ґрунтів і використання добрив: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присвяч. 150-річчю від дня народження Д. М. Прянішнікова та Міжнародному Дню агрохіміка, 8 – 10 черв. 2015 р. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2015. С. 261–267.

30. Костючко С. С., Лихочвор В. В. Динаміка наростання маси коренеплодів і листків у гібридів цукрових буряків залежно від строків сівби та удобрення. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XV Міжнар. наук.-практ. форуму, 23 – 25 верес. 2015 р. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2015. С. 117–125.

31. Костючко С. С., Лихочвор В. В. Продуктивність коренеплодів цукрових буряків залежно від елементів системи удобрення. *Сільський господар*. 2014. № 5-6. С. 27–32.

32. Костючко С., Лихочвор В. У зоні західного Лісостепу врожайність солодких коренів визначає оптимальний баланс мінеральних добрив. *Зерно і хліб*. 2015. № 3. С. 115–117.

33. Костючко С., Лихочвор В. Урожайність та цукристість цукрового буряку залежно від застосованих фунгіцидів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17 (2). С. 367–371.

34. Липитан Р. М., Слободяник В. К. Вплив густоти насадження цукрових буряків на забур'яненість посівів та продуктивність культури. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН*. Київ, 2008. Вип. 10. С. 360–366.

35. Лихочвор В. В., Борисюк В. С., Тирус М. Л. Цукровий буряк – 700 ц. Вчені ЛНАУ виробництву. Каталог інноваційних розробок. Вип. XI. Львів, 2011. С. 52.

36. Лихочвор В. В., Тирус М. Л. Продуктивність цукрових буряків залежно від рівня удобрення та густоти стояння рослин в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія*

«Агрономія і біологія». 2018. Вип. №3(35). С. 44-47. (Експериментальна частина, обробка даних).

37. Лихочвор В. В. Вплив добрив на врожайність цукрових буряків. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. форуму. Львів, 2016. С. 6–9.

38. Лихочвор В. В., Костючко С. С. Екологічні та біологічні основи живлення цукрового буряка. *Журнал агробіології та екології*. 2014. Т. 4, № 1. С. 88–96.

39. Лихочвор В. В., Костючко С. С. Збалансоване живлення цукрових буряків. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 12. С. 26-29.

40. Лихочвор В. В., Костючко С. С. Продуктивність буряків цукрових залежно від гербіцидного захисту. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 8. С. 3–7.

41. Лихочвор В. В., Костючко С. С. Урожайність цукрових буряків залежно від системи застосування гербіцидів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2014. № 18. С.178–184.

42. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., допов. і виправ. Львів: НВФ «Українські технології», 2012. 324 с.

43. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Цукровий буряк. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 136 с.

44. Лихочвор В. В., Проць Р. Р., Циців Б. Д. Буряк. Львів: НВФ «Українські технології», 2003. 84 с.

45. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства: підручник. Київ: Вища шк., 1994. 415 с.

46. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.

47. Методика исследований по сахарной свекле / ред. коллегия В. Ф. Зубенко и др. Киев, 1986. 292 с.

48. Моделювання процесів росту та розвитку буряків цукрових залежно від комплексного впливу кліматичних факторів / Л. М. Карпук, О. В. Крикунова, О. І. Присяжнюк, В. В. Поліщук. *Агробіологія*: зб. наук. праць. Біла Церква, 2014. Вип. 2 (113). С. 26–29.
49. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища шк., 1994. 425 с.
50. Оконенко А. С. Фізіологічні основи підвищення цукристості буряків. Київ: Наук. думка, 1966. 312 с.
51. Петерсон Н. В., Черномирдіна Т. О., Куриляк Є. К. Практикум з фізіології рослин. Київ: Вид-во УСГА, 1993. 137 с.
52. Підвальна Г. С., Позняк С. П. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя: монографія. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2004. 192 с.
53. Підземні води західних областей України / за ред. О. Д. Штогриня, К. С. Гавриленка. Київ: Наук. думка, 1968. 314 с.
54. Роїк М. Буряки. Київ: XXI вік - РІА «ТРУД-КИЇВ», 2001. 320 с.
55. Роїк М. В., Пиркін В. І., Сінченко В. М. Високоєфективна технологія виробництва цукрових буряків. Київ: ЩБ НААН України, Глобус Прес, 2010. 166 с.
56. Роїк М. В., Пиркін В. І., Сінченко В. М. Управління технологічними процесами виробництва цукрових буряків за біоадаптивною технологією: рекомендації. Вінниця: Нілан ЛТД, 2013. 52 с.
57. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. 3-тє вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
58. Сичук Л. В., Кицюк В. В., Черевко Т. В. Вплив основного обробітку ґрунту, сівби та догляду за посівами на продуктивність цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2011. № 4. С. 17–19.



59. Снітинський В. В., Якобенчук В. Ф. Грунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки: навч. посіб. 2-ге вид., виправ. й допов. Львів: Аверс, 2006. 312 с.
60. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / за ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазуренка, Г. Є. Мазнева. Харків: ХНТУСГ, 2004. 307 с.
61. Тирус М. Л. Динаміка наростання маси рослин цукрових буряків залежно від норм удобрення та густоти стояння рослин. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Мелітополь. 2018. Вип. 6. С. 102-111.
62. Тирус М. Л. Динаміка наростання маси рослин цукрових буряків залежно від норм удобрення та густоти стояння рослин. *«Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва»: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. м. Умань, 17-18 травня 2018 р. С. 45-47.
63. Тирус М. Л. Динаміка формування маси рослин буряка цукрового залежно від способу основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2018. Вип. №2(98). С. 62 – 66.
64. Тирус М. Л. Фотосинтетична продуктивність буряка цукрового залежно від рівнів удобрення та густоти стояння рослин в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Полтавської державної академії*. 2018. Вип. №4. С. 205 – 210.
65. Шувар І. А. Екологічні основи зниження забур'яненості агрофітоценозів: Навч. посіб. Львів: „Новий Світ-2000”, 2008. 496 с.
66. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства. Львів: Каменяр, 1998. 224с.
67. Шувар І. А. та ін. Еколого-герботологічний моніторинг і прогноз в агроценозах: Навч. посіб. / За ред. І. А. Шуvara. Львів: НВФ „Українські технології”, 2010. 232с.

68. Шувар І. А., Снітинський В. В., Бальковський В. В. Екологічні основи збалансованого природокористування. Чернівці: Книги-XXI, 2010. 762с.
69. Bischoff J. Verfahren der Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben im Vergleich. Zuckerrübe. 2013. № 4. S. 30–33.
70. Boguslawski E. Der Anbau der Zuckerrübe und die Bodenfruchtbarkeit. Zuckerrübe. 1985. № 1. S. 12.
71. Bronner H. Bor, das unsichere Element. Zuckerrübe. 1993. № 4. S. 252–253.
72. Draycott A. P. Sugar Beet. Blackwell Publishing, 2006. P. S. 465.
73. Ecologization of Tillage Methods with the Aim of Soil Fertility Improvement / I. O. Yasnolob et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. 8(2). P. 280–286. URL: [http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/\\_339](http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_339).
74. Golich G. Gezielte Mineraldüngung zu Zuckerrüben. Zuckerrübe. 2001. № 4. S. 250–252.
75. Hessland F. Pflanzenbau im Trockengebiet. Anpassungsstrategien bei Sortenwahl, Saatedichte, Düngung und Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau. Zuckerrübe. 1993. № 5. S. 269–272.
76. Hessland F., Richter S. Möglichkeit: en zur Sicherung einer hohen Zuckerhübenqualität. Feldwirtschaft. 1987. 28, № 9. S. 390–393.
77. Jaszczolt E. Sugar Beet Fertilization with Phosphorous in Relation to the Richness of Soil in Available Phosphorus. Gazeta-Cukrownicza. 2000. 1106(4). P. 72–73.
78. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press, 1995. 889 p.
79. Michiels-Corsten F., Kochs H. Grundnährstoffe und Spurenelemente Pflanzen. Zuckerrübe. 2004. № 4. S. 196–198.
80. Orlovius K. Blattdüngungsversuche mit Bittersalz zu Zuckerrüben. Zuckerrübe. 1992. № 4. S. 262–263.
81. Orlovius K. Zuckerrüben Reagieren Empfindlich auf Bor- und Manganmangel. Zuckerrübe. 2002. № 2. S. 99–101.

82. Schlinker G. Sehr Home Feldaufgange in Norddeutschland. Zuckerrübe. 2013. № 4. P. 37-44.
83. Schlinker G. Stickstoffdüngung zu Zuckerrüben. Zuckerrübe. 2016. № 1. S. 45–48.
84. Spicher J. Rohstoff für Zucker und Treibstoff. Zuckerrübe. 2007. № 3. S. 15–18.
85. Spielhaus G. Bringt weniger Stickstoff mehr Zucker? Landw. Wochenblatt. № 10. S. 30.
86. Steinke K., Bauer C. Enhanced Efficiency Fertilizer Effects in Michigan Sugarbeet Production. Journal of Sugar Beet Research. 2017. Vol. 54, № 1 & 2. P. 2–18.
87. Tyrus M. L. Accumulation dried substance in root crops of sugar beet depending on the method of main soil tillage and levels of fertilization. YONG SCIENTISTS' VIEW OF MODERN SCIENCE. *Proceedings of XXXVI international scientific conference. Boston, Nov 30, 2018.* P. 5-9.