

Aminomax, 0.5 l/ha). Mineral fertilizers were applied before the emergence of miscanthus sprouts; foliar application of fertilizers was carried out in the 5-leaf stage and the second time after two weeks. **Results.** Giant miscanthus plants in second year of vegetation formed from 18 to 37 shoots with an average weight of 76.3 to 111.0 g, with the maximum weight of one plant reaching 4091 g. In the next year of research, the number of stems per plant and their average weight increased by 1.5–2 times, and the maximum weight of one plant was 7016 g. Biomass yield of giant miscanthus in the third year of vegetation was 31.0–74.6 t/ha, the estimated yield of solid biofuel was 19.2–41.6 t/ha and energy 315.5–683.2 GJ/ha. **Conclusions.** Application of mineral fertilizers (ammonium nitrate + ammonium sulfate, ammonium nitrate) in spring contributed to significant increase in the indicators of raw biomass yield, solid biofuel output, and energy yield per hectare. Foliar application of Humifield BP-18 has a significant positive effect on the productivity of giant miscanthus. The best indicators of crop productivity were obtained in treatments combining spring fertilization with ammonium nitrate and ammonium sulfate ( $N_{24} + S_6$ ) followed by two-time foliar application of humates (Vermisol, 8.0 l/ha, Humifield BP-18, 0.4 l/ha) and complex fertilizer with amino acids Quantum Aminomax, 0.5 l/ha.

**Keywords:** *biofuel; mineral fertilizers; humates; amino acids; biomass productivity.*

*Надійшла / Received 13.10.2022*

*Погоджено до друку / Accepted 28.10.2022*

УДК 633.9:631.54

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269736>

## **Формування продуктивності та технологічної якості буряків цукрових в умовах континентального клімату**

**О. І. Присяжнюк\*, С. С. Шульга**

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: ollpris@gmail.com*

**Мета.** Установити особливості формування врожайності та технологічної якості коренеплодів буряків цукрових в умовах Степу України за оптимізації технології їх вирощування. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. в умовах ТОВ «Агрофірма імені Чкалова» (Кіровоградська обл.). Диплоїдний посухостійкий гібрид буряків цукрових ‘Магістр’ (SESVanderHave) вирощували на фоні застосування вологоутримувача (без гідрогелю; гідрогель Aquasorb, 300 кг/га) та різних систем удобрення [без добрив – контроль; гній, 20 т/га;  $N_{170}P_{180}K_{350}$ ; Леонардит, 400 кг/га; Паросток (марка 20), 400 кг/га]. Органічні та мінеральні добрива (РК) вносили восени під оранку, а азотний компонент останніх (N) – під ранньовесняну культивуацію. Адсорбент вносили в ґрунт за два тижні до сівби культури локально в зону майбутнього рядка, орієнтуючись на дані GPS-трекера. Решта агрозаходів відповідали загальноприйнятій технології вирощування культури в зоні проведення досліджень. **Результати.** Унаслідок досить складних погодних умов 2020 року, врожайність коренеплодів у середньому по досліді становила лише 30,3 т/га. Найнижчий її рівень – 26,0 т/га отримано на ділянках обох контролів без удобрення, тоді як за внесення 20 т/га гною – 29,0–30,0 т/га. Мінеральна система ( $N_{170}P_{180}K_{350}$ ), попри істотно меншу ефективність у варіанті без гідрогелю Aquasorb (31,0 т/га), у разі його внесення в ґрунт до сівби культури забезпечувала максимальну продуктивність буряків – 34,0 т/га. Також на фоні гідрогелю значно зростала й ефективність застосування Леонардиту та Паросток (марка 20) – прирости врожаю становили 7,0 і 6,0 т/га відповідно. Максимальний уміст цукрів у коренеплодах відзначено за мінеральної системи

удобрення на фоні внесення гідрогелю Aquasorb – 16,3 проти 15,0 % на контролі, однак у цьому ж варіанті отримано й найвищий уміст  $\alpha$ -амінного азоту, який суттєво знижує заводський вихід цукру. У 2021 році, з огляду на істотно ліпші погодні умови впродовж вегетації культури, урожайність коренеплодів у середньому по досліді становила 55,6 т/га, що майже вдвічі вище показників попереднього року. Цілком прогнозовано, найнижчу врожайність отримано у варіантах без добрив – 49,7–50,2 т/га, за внесення гною – 50,7–53,3 т/га. Суттєво вищими, проте, на відміну від 2020 року, не максимальними, були показники за мінеральної системи удобрення – 56,9–58,1 т/га. Найефективнішими ж з погляду формування продуктивності буряків цукрових були варіанти застосування Леонардиту та Паросток (марка 20) – 58,1–58,6 та 59,2–61,6 т/га відповідно. Максимальну цукристість коренеплодів забезпечило застосування добрива Паросток (марка 20), причому як на фоні гідрогелю Aquasorb, так і без нього – 17,8 % (контроль – 15,8 %). **Висновки.** Погодні умови в період вегетації буряків цукрових є найсуттєвішим чинником, що визначає рівень їх продуктивності, а також і ефективність застосовуваних агрозаходів. В усіх варіантах внесення добрив спостерігалось істотне збільшення врожайності культури, причому величина отриманих приростів значною мірою залежала як від їх виду, так і застосування вологоутримувача, особливо за несприятливих умов вегетації. У середньому за період досліджень, найвищі показники збору цукру отримано у варіантах застосування органічних добрив нової формуляції Леонардит та Паросток (марка 20) на фоні гідрогелю Aquasorb, що свідчить про доцільність їх подальшого впровадження у технології вирощування буряків цукрових.

**Ключові слова:** урожайність; цукристість коренеплодів; альфа-амінний азот; мінеральне удобрення; органічне удобрення.

## Вступ

Сьогодні буряки цукрові (*Beta vulgaris* L.), попри значну конкуренцію з цукровою тростиною та відмову в багатьох державах Євросоюзу від дотацій на їх вирощування, усе ще залишаються важливою технічною та біоенергетичною культурою. З огляду на це, для забезпечення якнайповнішої реалізації їх генетичного потенціалу необхідно приділяти значну увагу технології вирощування, а також своєчасній швидкій діагностиці фізіологічного стану рослин.

Буряки цукрові можна вирощувати в широкому діапазоні кліматичних умов, тому вони добре підходять для культивування в умовах континентального клімату Європи та США. У їхніх коренеплодах міститься до від 15 до 22 % сахарози [4]. Потенціал продуктивності буряків цукрових від півночі Франції до східної Польщі визначається кліматичними умовами регіону та оцінюється у 85–95 т/га [33]. Однак реальна врожайність коренеплодів станом на 2011 рік у Франції була понад 70 т/га, а в Польщі – менше ніж 50 т/га. Проте вже у 2016 р. в Німеччині середня врожайність буряків цукрових становила 76,2 т/га, у Франції – 83,9 т/га, у Польщі – 65,8 т/га (FAOSTAT, 2018). Як бачимо, впровадження у виробництво нових гібридів та елементів технологій їх вирощування дає змогу суттєво підвищити продуктивність культури. Попри це, усе ще спостерігається значна невідповідність між реальною та потенційною врожайністю, чому є низка причин. Однією з них є переважна погода в літні місяці, наприклад вплив континентального клімату [19], від півночі до східних частин континенту. Нестача опадів у літні місяці, яка спричиняє часті посухи, поєднується з високими температурами, значно зменшуючи врожайність багатьох культур, зокрема й буряків цукрових [31, 33]. А отже, чинниками, що обмежують продуктивність та якість буряків цукрових, є температура повітря та ґрунту в критичні фази їх росту й розвитку, наявність доступних рослинам вологи й рухомих форм елементів живлення та достатня кількість сонячної радіації [35].

На відміну від країн Південної Америки, у Європі буряки цукрові є єдиним джерелом цукру, придатним до організації промислового виробництва [40]. Зокрема, за даними ФАО (fao.org) та Євростату (ec.europa.eu/eurostat) станом на 2016 рік, Європейський союз є

провідним виробником буряків цукрових – приблизно 50 % світових обсягів. Загалом країни ЄС вирощували їх на площі 1498,6 тис. га. та виробили 111,7 млн т коренеплодів. Більш ніж половину буряків цукрових було сумарно вироблено у Франції (31,0 %), Німеччині (22,8 %) та Польщі (12,1 %). Аналогічні закономірності розподілу виробництва збереглися і в наступні роки, а от загальна площа, зайнята під буряками цукровими в ЄС, у 2017 році становила 1741,6, а в 2018-му – 1550,9 тис. га.

Останніми роками Україна зазнавала активних економічних змін, що торкнулись зокрема й сільськогосподарської галузі. За даними Державної служби статистики (ukrstat.gov.ua), виробництво цукру стабілізувалось на рівні 2 млн т за внутрішньої потреби 1,4–1,5 млн т. Зокрема, у 2016 р. площі під буряками цукровими становили 291,1 тис. га, а у 2017-му – 313,6 тис. га. Відповідно у 2016 р. було зібрано 14 011,3 тис. т коренеплодів і вироблено 2008 тис. т цукру, середня урожайність становила 48,1 т/га, середня цукристість коренеплодів – 17,22 %, вихід цукру на заводі – 14,3 %. У 2017 р. ці показники кардинально не змінились: було зібрано 14 881,6 тис. т коренеплодів, валовий збір цукру – 2140 тис. т, середня врожайність – 47,5 т/га, цукристість коренеплодів – 17,86 %, вихід цукру на заводі – 14,4 %.

Водночас скасовані в країнах ЄС у 2017 р. обмеження на виробництво цукру змушують виробників буряків цукрових підвищувати конкурентоспроможність завдяки оптимізації технологічних процесів та зменшенню витрат. Тому впровадження нових агротехнічних заходів та поліпшення використання наявних ресурсів і умов стає все більш популярним та необхідним [22, 32, 38].

Традиційно низький уміст цукрів та погана якість коренеплодів буряків є однією з причин високих витрат на їхнє переробляння. Тому саме високий вихід цукру вважається ключовим чинником для посилення економічної ефективності його виробництва на заводах [8]. Якість переробляння – досить складна характеристика, яка оцінюється через кількісне визначення трьох важливих складників – умісту калію (K), натрію (Na) і  $\alpha$ -амінного азоту. Перші два елементи містяться в коренеплодах у значних кількостях та перешкоджають кристалізації цукру. А от  $\alpha$ -аміний азот є сумішшю амінокислот з  $\text{NH}_2$ -групою, зв'язаною з вуглецевим ланцюгом, і представлений численними речовинами, як-от бетаїн, амінокислоти (глутамін, гліцин, аланін), аміді та нітрат. Ці речовини вступають у реакцію або ж розкладаються під час переробляння та є шкідливими, оскільки спричиняють утворення аміаку, забарвлення та органічних кислот у соку [8].

А отже, застосування агротехнічних заходів, що сприяють підвищенню цукристості коренеплодів та зменшенню в них концентрації мелясоутворювальних речовин, є дієвим механізмом підвищення ефективності вирощування та переробляння буряків цукрових. Узагальнення накопиченого світового досвіду дасть змогу ліпше зрозуміти основні процеси росту й розвитку рослин буряків цукрових, зокрема і цукронакопичення.

*Мета досліджень* – установити особливості формування врожайності та технологічної якості коренеплодів буряків цукрових в умовах Степу України за оптимізації технології їх вирощування.

### **Матеріали та методика досліджень**

Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. в умовах ТОВ «Агрофірма імені Чкалова» (м. Новомиргород, Новоукраїнський р-н, Кіровоградська обл.), що розташоване в агрокліматичній зоні Степу України.

Основним типом ґрунту на території господарства є чорнозем типовий глибокий мало- або середньогумусний. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 2,59 %, рН – 6,2–6,8, ємність вбирання – 30,7–32,5 мг-екв на 100 г ґрунту. Підґрунтові води розташовані на глибині 4–6 м. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37 % фізичної глини та 63 % піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані – 1,16–1,25 г/см<sup>3</sup>, вологість стійкого в'янення – 10,8 %. Повна вологоємність ґрунту в шарі 0–30 см – 38,4 %, у шарі 30–45 см – 42,7 %. Польова вологоємність цього ґрунту в шарі 0–30 см сягає 28,2 %, вологість розриву

капілярів – 19,7 %, максимальна гігроскопічність – 7,46 %, недоступна для рослин вологість – 10 %, загальна шпаруватість у рівноважному стані – 52–55 %.

Погодні умови впродовж років досліджень були строкатими і досить несприятливими для росту й розвитку буряків цукрових, особливо у вегетаційний період 2020 р., коли сумарно за квітень – вересень випало лише 179 мм опадів, а квітень, травень, серпень та вересень були вкрай жаркими. Тобто критичним для росту й розвитку рослин був період їх ранньої вегетації, а також формування коренеплодів та цукронакопичення. Загалом такі умови негативно позначились на показниках урожайності буряків цукрових, однак дали змогу повніше дослідити ефективність застосування вологоутримувача в технології вирощування культури.

Зовсім інші погодні умови склались у період з квітня до вересня 2021 року, коли сумарно випало 476,7 мм опадів, особливо рясні дощі пройшли в травні (106,0 мм), червні (74,0 мм), липні (87,5 мм) та серпні (113,9 мм). А що стосується температури повітря, то квітень був прохолодним, травень та червень – близькими до норми, а найбільш жарким – липень (середньодобова температура повітря – 23,1 °С).

*Схема досліду з вивчення впливу утримувача вологи та основного удобрення на продуктивність та технологічні якості буряків цукрових:*

| Утримувач вологи                 | Система удобрення  |
|----------------------------------|--|
| Без гідрогелю                    | Без удобрення – контроль   |
|                                  | Гній, 20 т/га  |
|                                  | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) |
|                                  | Леонардит – органічне викопне добриво, 400 кг/га                                   |
|                                  | Паросток (марка 20), 400 кг/га   |
| Гідрогель Aquasorb,<br>300 кг/га | Без удобрення – контроль   |
|                                  | Гній, 20 т/га  |
|                                  | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) |
|                                  | Леонардит – органічне викопне добриво, 400 кг/га                                   |
|                                  | Паросток (марка 20), 400 кг/га   |

Площа посівної ділянки становила 70 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>, повторність – триразова. У досліді вирощували диплоїдний посухостійкий гібрид буряків цукрових ‘Магістр’, оригінатор – SESVanderHave.

Органічні та мінеральні фосфорно-калійні добрива (PK) вносили восени під оранку, а азотний компонент останніх (N) – під ранньовесняну культивуацію. Адсорбент вносили в ґрунт за два тижні до сівби буряків цукрових локально в зону майбутнього рядка, орієнтуючись на дані GPS-трекера.

Експериментальні дослідження виконували згідно із методиками [48–52].

### Результати досліджень

Якість коренеплодів буряків цукрових є одним з найважливіших показників ефективності виробництва цукру та залежить від генотипу [24] і впливу багатьох біо- і абіотичних чинників. Коренеплоди культури містять у собі значну кількість води, а вміст сухої речовини в середньому становить 230–270 г/кг їх сирової маси [17].

Загалом до якісних характеристик коренеплодів можна віднести концентрацію сахарози в коренеплодах та вміст численних нецукрів, так званих меласоутворювальних сполук – натрію (Na), калію (K) та  $\alpha$ -амінного азоту ( $\alpha$ -amino-N). З погляду ефективності виробництва цукру, саме ці сполуки розглядаються як найважливіші чинники, що призводять до втрат цукру з мелясою. Проте в стандартній процедурі розрахунку втрат цукрової меляси визначається тільки  $\alpha$ -амінний азот [18]. Усі ці сполуки, зокрема K і Na, які називаються нецукровими домішками, збільшують втрати цукру в мелясі, зменшуючи таким чином ефективність відновлення білого цукру з буряків під час його виготовлення [16].



З 1996 р. загальноприйнятим для визначення втрат цукру в процесі перероблення є використання Брауншвейгської формули:

$$\text{Утрати цукру в мелясі} = 0,12 \times (K + Na) + 0,24 \times \alpha\text{-amino-N} + 1,08 [\%]$$

K [калій] – уміст калію, ммоль/100 г коренеплодів буряків;

Na [натрій] – уміст натрію, ммоль/100 г коренеплодів буряків;

$\alpha$ -amino-N [альфа-амінний азот] – уміст  $\alpha$ -амінного азоту, ммоль/100 г коренеплодів буряків.

Основними відмінностями в новій формулі визначення втрат цукру є співвідношення часток основних мелясоутворювальних елементів. Зокрема, за старою формулою K і Na впливали на втрати цукру на 78 %, а вміст  $\alpha$ -амінного азоту – тільки на 22 %, тоді як за новою формулою на частку K і Na припадає 33 %, а вміст  $\alpha$ -амінного азоту – 67 %.

А отже, вихід цукру визначається відповідно до формули:

$$\text{Вихід цукру} = \text{Урожайність} \times (\text{Цукристість} - \text{Утрати цукру в мелясі}) [\text{т/га}]$$

Урожайність [т/га];

Цукристість [%];

Утрати цукру в мелясі [%].

Згідно з даними С. Hoffmann [16], концентрація мелясоутворювальних речовин у коренеплодах буряків цукрових є нижчою, аніж це описано раніше іншими дослідниками [4]. Що, найімовірніше, пов'язано із селекційними успіхами у створенні нових гібридів упродовж останніх років [2]. Нові гібриди поєднують у собі однакову, і навіть вищу концентрацію сахарози з меншою концентрацією мелясоутворювальних речовин, порівняно зі старими сортами та гібридами буряків цукрових. Це свідчить про зміну складу сухої речовини буряків з переходом на більш високу концентрацію сахарози. Однак, такі зміни можуть бути пов'язані не тільки зі зниженням умісту шкідливих речовин, а й бути наслідком меншої товщини клітинної стінки. З іншого боку, у нових гібридів оптимальний об'єм клітин для зберігання сахарози є дещо більшим. Це підтверджується тим, що в останні десятиліття одночасно збільшуються і врожай коренеплодів, і концентрація в них сахарози. Водночас у публікаціях авторів за минулі десятиліття є дані щодо негативної кореляції між урожайністю коренеплодів та концентрацією сахарози в тканинах паренхіми [41]. Поясненням поліпшення можливостей накопичення та зберігання сахарози в нових сортах може бути збільшення ефективності завантаження флоєми листя, що дає дуже високу концентрацію сахарози у флоємому соку [23], та/або зміна транспортних відмінностей між великими та малими клітинами паренхіми [27], які розглядаються як граничні чинники накопичення сахарози [26].

Водночас варто зазначити, що збільшення потенційної продуктивності нових гібридів буряків цукрових призводить і до її значної строкатості. Зокрема, дослідження Carter et al. [3] виявили значні відмінності за показниками збору цукру серед гібридів культури. Також встановлено, що збір цукру в різних середовищах вирощування був неоднаковим і змінювався від 12,9 до 15,1 т/га [35].

Установлено, що за умови дефіциту вологи, порівняно з буряками цукровими, вирощеними з достатньою кількістю води (100 % польової вологості, ПВ), концентрація сухої речовини в коренеплодах була трохи вищою. Подібний вплив дефіциту вологи спостерігався і на концентрацію сахарози: за 20 % ПВ концентрація сахарози була значно вищою, ніж за 100 % ПВ ґрунту [16].

Уміст золи в гібридах з високою концентрацією сахарози був вищим, ніж у гібридах з її низькою концентрацією [16]. Оскільки зола складається з нерозчинних сполук клітинної стінки, її концентрація в основному залежить від кількості камбіальних кілець, а також кількості та розміру клітин паренхіми в коренеплодах буряків цукрових. Коренеплоди з дрібними клітинами мають вищу концентрацію цукрів, ніж з великими. Крім того, дрібні клітини зазвичай містять вищу концентрацію сахарози, оскільки для її зберігання є оптимальний об'єм клітин: якщо розміри клітин перевищують цей оптимальний об'єм, то

вміст сухої речовини води та нецукрів зростає пропорційно розміру клітини, тоді як концентрація сахарози не збільшується. З іншого боку, ця різниця в об'ємі клітин може бути знівельована через відмінності між різними гібридами, які мають різну товщину клітинної стінки [21].

Уміст  $\alpha$ -амінного азоту в різних гібридів буряків цукрових значно змінюється, а от середні його значення знаходяться в межах 1,5 % [1].

Загалом вважається, що вміст  $\alpha$ -амінного азоту зменшується по мірі дозрівання коренеплодів. Проте іншими дослідженнями встановлено, що його концентрація збільшується в разі, якщо коренеплоди буряків цукрових досягають найбільшого абсолютного темпу росту [15].

Вважається, що основні відмінності вмісту  $\alpha$ -амінного азоту визначаються біологічними особливостями досліджуваних гібридів у засвоєнні поживних речовин із ґрунту. Проте інші дослідники не виявили жодних значних розбіжностей щодо вмісту  $\alpha$ -амінного азоту в коренеплодах у різних гібридів буряків цукрових [13, 14].

З огляду на суттєві відмінності погодних умов вегетаційних періодів 2020 та 2021 рр., дані щодо врожайності та якісних показників коренеплодів буряків цукрових доцільніше аналізувати окремо за кожним роком проведення досліджень.

Показники врожайності та якісні характеристики коренеплодів буряків цукрових, вирощених на дослідних ділянках у 2020 році, наведено в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

**Урожайність коренеплодів буряків цукрових та рівень їх фізичного забруднення залежно від елементів технології вирощування (2020 р.)**

| Утримувач вологи    | Система удобрення  | Урожайність коренеплодів, т/га | Фізичне забруднення коренеплодів, % |
|---------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| Без гідрогелю       | Без удобрення – контроль   | 26,0                           | 5,8                                 |
|                     | Гній, 20 т/га  | 29,0                           | 6,1                                 |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 31,0                           | 7,1                                 |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 32,0                           | 6,2                                 |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 30,0                           | 6,5                                 |
| Aquasorb, 300 кг/га | Без удобрення – контроль   | 26,0                           | 6,1                                 |
|                     | Гній, 20 т/га  | 30,0                           | 6,3                                 |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 34,0                           | 6,9                                 |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 33,0                           | 6,5                                 |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 32,0                           | 7,0                                 |
| НІР <sub>0,05</sub> |  | 1,3                            | 0,8                                 |

Унаслідок досить складних погодних умов 2020 року, врожайність коренеплодів у середньому по досліді становила лише 30,3 т/га. Найнижчий її рівень – 26,0 т/га отримано на ділянках обох контролів без удобрення. Водночас в усіх варіантах внесення добрив спостерігалось суттєве збільшення врожайності культури, причому величина отриманих приростів значною мірою залежала як від їх виду, так і застосування вологоутримувача.

Зокрема, внесення 20 т/га гною забезпечило врожайність коренеплодів у межах 29,0–30,0 т/га. Мінеральна система (N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>), попри істотно меншу ефективність на фоні без застосування гідрогелю Aquasorb, у разі його внесення в ґрунт до сівби культури забезпечувала отримання максимальної в досліді продуктивності буряків – 34,0 т/га. Фактично це підтверджує вже усталені догми про те, що мінеральні добрива ефективно діють лише за наявності доступної вологи.

Також на фоні застосування гідрогелю Aquasorb значно зростала й ефективність Леонардиту та Паросток (марка 20).

Фізичне забруднення коренеплодів буряків цукрових (ФЗ) напряму залежить від кількості прикореневи́х волосків на коренеплоді, а тому може побічно показувати, наскільки інтенсивно рослини формують кореневу систему. У середньому по досліді показник ФЗ становив 6,45 %, зокрема у варіантах без застосування вологоутримувача – 6,34 %, тоді як із ним – 6,56 %. Тобто у верхньому шарі ґрунту рослини, унаслідок взаємодії з гранулами гідрогелю, інтенсивніше формували кореневу систему.

Що стосується якісних параметрів коренеплодів, то максимальну їх цукристість відзначено за мінеральної системи удобрення (N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>) на фоні внесення гідрогелю Aquasorb – 16,3 %. Водночас у цьому ж варіанті отримано й максимальні показники вмісту α-амінного азоту, який знижує заводський вихід цукру (табл. 2).

Таблиця 2

**Якісні показники коренеплодів буряків цукрових та збір цукру залежно від елементів технології вирощування (2020 р.)**

| Утримувач вологи    | Система удобрення  | Цукристість коренеплодів, % | Уміст α-амінного азоту, % | Заводський вихід цукру, % | Збір цукру, т/га |
|---------------------|--|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| Без гідрогелю       | Без удобрення – контроль   | 15,1                        | 0,020                     | 12,3                      | 3,2              |
|                     | Гній, 20 т/га  | 15,0                        | 0,023                     | 12,1                      | 3,5              |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 15,7                        | 0,030                     | 12,9                      | 4,0              |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 15,6                        | 0,019                     | 12,7                      | 4,1              |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 15,7                        | 0,020                     | 12,9                      | 3,9              |
| Aquasorb, 300 кг/га | Без удобрення – контроль   | 15,0                        | 0,020                     | 12,2                      | 3,2              |
|                     | Гній, 20 т/га  | 15,3                        | 0,210                     | 12,4                      | 3,7              |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 16,3                        | 0,260                     | 13,5                      | 4,6              |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 16,0                        | 0,019                     | 13,2                      | 4,4              |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 15,8                        | 0,020                     | 12,9                      | 4,1              |
| НІР <sub>0,05</sub> |  | 0,3                         | 0,006                     | 0,2                       | 0,1              |

Високий уміст α-амінного азоту, незалежно від застосування гідрогелю, традиційно спостерігався за внесення гною – 0,023 та 0,210 % відповідно. Водночас застосування органічних добрив нової формуляції – Леонардит та Паросток (марка 20) сприяло отриманню коренеплодів з добрими якісними показниками.

Незважаючи на високий уміст α-амінного азоту, найліпшим варіантом щодо заводського збору цукру виявилась мінеральна система удобрення, оскільки вища врожайність коренеплодів сумарно з вищою їх цукристістю дали змогу компенсувати більші втрати цукру в процесі переробляння сировини. Тому, за високого рівня базових показників якості коренеплодів, уміст речовин, що зменшують заводський вихід цукру, може бути не критичним.

Підбиваючи підсумки першого року досліджень, слід зазначити, що у зв'язку зі складними погодними умовами, що склалися наприкінці 2019-го та всього 2020 р., не вдалося розкрити весь потенціал буряків цукрових та отримати їх високі врожаї. Водночас завдяки таким умовам, була змога повною мірою дослідити та підтвердити високу ефективність використання вологоутримувача Aquasorb у технології вирощування культури. Зокрема, цей агрозахід сприяє швидшому проростанню насіння, що своєю чергою прискорює проходження критичних фенологічних фаз буряків цукрових – від проростання до третьої пари листків, після чого можна вважати, що посівна компанія завершилась успішно.

Також завдяки вологоутримувачу та його адсорбційній здатності, рослинам буряків цукрових було значно легше використати поживні речовини в ґрунті, що зі свого боку сприяло їх швидшому стартовому розвитку, вкоріненню та збільшенню площі листової поверхні. Однак у зв'язку зі складними погодними умовами, усі вище перераховані плюси не

допомогли отримати високі врожаї через надмірно високу температуру в літній період, що своєю чергою впливає на формування маси коренеплодів, а також недостатнє воголозабезпечення в осінній період, що негативно позначається на накопиченні цукрів та підвищує вміст  $\alpha$ -амінного азоту.

Показники врожайності та якісні характеристики коренеплодів буряків цукрових, вирощених на дослідних ділянках у 2021 році, наведено в таблицях 3 та 4.

Таблиця 3

**Урожайність коренеплодів буряків цукрових та рівень їх фізичного забруднення залежно від елементів технології вирощування (2021 р.)**

| Утримувач вологи    | Система удобрення  | Урожайність коренеплодів, т/га | Фізичне забруднення коренеплодів, % |
|---------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|
| Без гідрогелю       | Без удобрення – контроль   | 49,7                           | 6,1                                 |
|                     | Гній, 20 т/га  | 50,7                           | 6,3                                 |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 56,9                           | 6,9                                 |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 58,1                           | 6,5                                 |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 59,2                           | 7,0                                 |
| Aquasorb, 300 кг/га | Без удобрення – контроль   | 50,2                           | 5,8                                 |
|                     | Гній, 20 т/га  | 53,3                           | 6,1                                 |
|                     | Мінеральна система удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 58,1                           | 7,1                                 |
|                     | Леонардит, 400 кг/га   | 58,6                           | 6,2                                 |
|                     | Паросток (марка 20), 400 кг/га   | 61,6                           | 6,5                                 |
| HP <sub>0,05</sub>  |  | 1,8                            | 1,0                                 |

З огляду на суттєво ліпші погодні умови впродовж вегетаційного періоду, урожайність коренеплодів буряків цукрових у 2021 р. в середньому по досліді становила 55,6 т/га, що майже вдвічі вище показників попереднього року. Цілком прогнозовано, найнижчий рівень урожайності отримано у варіантах без удобрення – 49,7–50,2 т/га. Унесення гною забезпечило рівень продуктивності в межах 50,7–53,3 т/га. Водночас мінеральна система удобрення (N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>), попри найліпші результати у 2020 р., у 2021 р. не дала змоги отримати максимальні в досліді значення врожайності, але результати все ж досить достойні – 56,9–58,1 т/га. Найефективнішими ж з погляду формування продуктивності культури були варіанти застосування органічного добрива Паросток (марка 20) – 59,2–61,6 т/га.

Щодо гідрогелю Aquasorb, то на його фоні підвищувалась ефективність усіх досліджуваних систем удобрення, однак найістотніші прирости врожайності отримано передусім у варіантах внесення гною та добрива Паросток (марка 200).

Показники фізичного забруднення коренеплодів в умовах 2021 року відрізнялися від минулорічних тим, що за однакових по досліді середніх значень (6,45 %), застосування вологоутримувача не сприяло їх підвищенню. Останнє, найімовірніше, пов'язано з достатньою кількістю опадів упродовж вегетації та відсутністю у рослин потреби тісніше взаємодіяти з гранулами вологоутримувача, розташованими у верхніх шарах ґрунту.

На відміну від 2020 року, максимальні показники цукристості коренеплодів – 17,8 % було отримано у варіантах внесення добрива Паросток (марка 200), однак найвищий уміст у них  $\alpha$ -амінного азоту був усе ж за мінеральної системи удобрення, причому незалежно від застосування вологоутримувача – 0,049–0,051 % (табл. 4).

Застосування органічних добрив, як класичного гною, так і сучасних їх формуляцій – Леонардит та Паросток (марка 20), сприяло отриманню коренеплодів із доброю якістю. Максимальні показники заводського виходу цукру та його загального збору були отримані в разі застосування добрива Паросток (марка 20) на фоні внесення гідрогелю Aquasorb – 14,9 % та 9,2 т/га відповідно.



**Якісні показники коренеплодів буряків цукрових та збір цукру  
залежно від елементів технології вирощування (2021 р.)**

| Утримувач<br>вологи    | Система удобрення   | Цукристість<br>корене-<br>плодів, % | Уміст<br>$\alpha$ -амінного<br>азоту, % | Заводський<br>вихід цукру,<br>% | Збір<br>цукру,<br>т/га |
|------------------------|---|-------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------|
| Без<br>гідрогелю       | Без удобрення – контроль  | 15,8                                | 0,030                                   | 13,0                            | 6,5                    |
|                        | Гній, 20 т/га   | 17,6                                | 0,031                                   | 14,8                            | 7,5                    |
|                        | Мінеральна система<br>удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 16,9                                | 0,051                                   | 14,0                            | 8,0                    |
|                        | Леонардит, 400 кг/га  | 17,1                                | 0,037                                   | 14,2                            | 8,3                    |
|                        | Паросток (марка 20), 400 кг/га  | 17,8                                | 0,040                                   | 14,9                            | 8,8                    |
| Aquasorb,<br>300 кг/га | Без удобрення – контроль  | 15,8                                | 0,030                                   | 13,0                            | 6,5                    |
|                        | Гній, 20 т/га   | 17,6                                | 0,031                                   | 12,9                            | 6,9                    |
|                        | Мінеральна система<br>удобрення (N <sub>170</sub> P <sub>180</sub> K <sub>350</sub> ) | 16,8                                | 0,049                                   | 14,0                            | 8,1                    |
|                        | Леонардит, 400 кг/га  | 17,3                                | 0,037                                   | 14,5                            | 8,5                    |
|                        | Паросток (марка 20), 400 кг/га  | 17,8                                | 0,040                                   | 14,9                            | 9,2                    |
| НІР <sub>0,05</sub>    |   | 0,5                                 | 0,009                                   | 0,3                             | 0,2                    |

Аналізуючи дані другого року досліджень, загалом слід зазначити, що завдяки досить сприятливим погодним умовам кінця 2020-го та вегетаційного періоду 2021 року, рослини буряків цукрових мали змогу якнайповніше реалізувати свій потенціал, забезпечивши в умовах Північного Степу України за відсутності зрошення досить високу врожайність коренеплодів – до 61,6 т/га з цукристістю до 17,8 %. При цьому значно вищою, порівняно з попереднім роком, була й ефективність досліджуваних елементів технології за впливом на формування продуктивності культури.

Одним із основних критеріїв продуктивності буряків цукрових є цукристість їх коренеплодів, що значною мірою залежить від генетичних особливостей сортів і гібридів [43, 44], а також системи удобрення, попередників культури у сівозміні, типу ґрунту, кліматичних особливостей року тощо. У сівозмінах система удобрення буряків цукрових повинна плануватись з урахуванням урожайності й технологічних якостей та коригуватись залежно від умісту в ґрунті поживних речовин [37, 42, 45]. У Німеччині за 25 років кількість добрив, внесених при програмному забезпеченні врожайності буряків цукрових, скоротилась: N з 189 до 154; K – з 147 до 63; P – з 103 до 25. При цьому їхня врожайність зросла з 42,7 до 54,1 т/га; цукристість – з 16,4 до 17,0 % [18], що зумовлено зростанням родючості ґрунту завдяки підвищенню вмісту калію та фосфору. Саме через регулювання мінерального живлення можна змінити біохімічні процеси, пов'язані із синтезом цукрів і нагромадженням їх у коренеплодах.

Буряки цукрові дуже вимогливі до родючості ґрунтів, особливо до забезпечення калієм та фосфором. Найбільша їх урожайність формується за високого забезпечення калієм. Калій з мінеральних добрив, використовуваний рослинами на найважливіших етапах формування врожаю, зазвичай розглядається як чинник, що послаблює, принаймні частково, негативні наслідки нестачі води [15, 28, 29].

А от високий рівень продуктивності буряків цукрових можливий лише за достатнього водопостачання [6, 7, 20], адже в роки обмеженого водозабезпечення, засвоєння рослинами елементів живлення з мінеральних добрив мінімальне, окрім азоту [10, 36].

Вплив рівня засвоєння елементів живлення рослинами з мінеральних добрив їх на ріст і розвиток заслуговує на значну увагу в таких регіонах, як Центральна Європа, де буряки цукрові сильно потерпають від літньої посухи [20]. Адже відомо, що за навіть оптимального забезпечення вологою ця культура може повною мірою реалізувати свій потенціал за умови, що основні поживні речовини, як-от фосфор і калій, наявні у достатній кількості [11, 25, 34].

Водночас аналіз умісту азоту в ґрунті перед сівбою буряків цукрових не може дати точної відповіді про те, скільки азоту з органічної речовини буде доступним рослинам упродовж вегетації [9]. А отже, помилки у визначенні кількості азоту, доступного рослинам у ґрунті, і як наслідок цього надлишкове або недостатнє застосування мінеральних добрив під буряки цукрові може суттєво впливати на врожайність та якість коренеплодів.

За використання підвищеної норми добрив ( $N_{130}P_{160}K_{200}$ ) на фоні 40 т/га гною, порівняно мінеральною системою удобрення, найбільше цукристість коренеплодів знижувалася в ланці з кукурудзою з підсівом бобів – на 0,50 % та з горохом – на 0,89 % і становила 17,10 і 17,92 %, що пов'язано з кількістю мінерального азоту в ґрунті. Унесення 40 т/га гною підтримує цукристість на досить високому рівні порівняно застосуванням лише мінеральних добрив [45].

Заорювання соломи на фоні мінеральних добрив сприяє підвищенню цукристості коренеплодів, що обумовлено збільшенням у ґрунті вмісту обмінного калію й рухомого фосфору. Водночас кількість мінерального азоту через посилення іммобілізаційних процесів зменшується, натомість збільшується виділення вуглекислоти в прикореневому шарі ґрунту, що позитивно впливає на синтез цукрів [46].

За використання післяжнивних культур, як-от гірчиця біла, на зелене добриво на фоні мінеральної системи живлення цукристість коренеплодів підвищується на 0,5–0,6 %, але це залежить від зони зволоження і типу ґрунту [42]. Про ефективність вирощування післяжнивних культур як зеленого добрива свідчать дослідження багатьох учених [5, 12, 39].

У разі застосування добрив доброякісність нормально очищеного соку знижується. Зокрема, за внесення  $N_{90}P_{110}K_{130}$  цей показник у ланці з кукурудзою з підсівом бобів становив 92,6 %, із конюшиною – 92,2 і горохом – 92,1 %, що було на 1,3; 0,6 та 1,0 % менше, ніж у варіанті без застосування добрив [45].

Дослідження, проведені на лучних чорноземних ґрунтах, показали, що в разі застосування  $N_{140}P_{180}K_{170}$  уміст калію в розчинній золі становив 5,65, натрію – 3,17,  $\alpha$ -амінного азоту – 4,23 мг-екв/100 г сирової маси, тоді як у варіанті без добрив – 4,44; 1,96 та 3,41 мг-екв/100 г сирової маси відповідно [47].

На фоні внесення  $N_{90}P_{110}K_{130}$  на чорноземі вилугуваному, уміст калію в ланці з кукурудзою з підсівом бобів становив 3,90, натрію – 0,86,  $\alpha$ -амінного азоту – 3,48 мг-екв/100 г сирової маси. У ланці з конюшиною вміст натрію зростав до 1,05, а  $\alpha$ -амінного азоту – до 4,13 мг-екв/100 г сирової маси, натомість у ланці з горохом останній показник навіть дещо знижувався – до 3,46 мг-екв/100 г сирової маси. Уміст калію за таких умов лишався приблизно на тому ж рівні. У разі збільшення норми добрив до  $N_{180}P_{220}K_{260}$ , на відміну від натрію і калію, спостерігалось значне підвищення показників  $\alpha$ -амінного азоту: у ланці з конюшиною – до 4,88; з горохом – до 4,34, з кукурудзою з підсівом бобів – до 4,12 мг-екв/100 г сирової маси. Залежність умісту  $\alpha$ -амінного азоту в коренеплодах буряків цукрових може характеризуватись таким рівнянням:  $\alpha N = 0,0089 N \times 2,8445$  ( $R = 0,8$ ), де  $\alpha N$  – уміст  $\alpha$ -амінного азоту в коренеплодах буряків цукрових, мг-екв/100 г сирової маси;  $N$  – норма внесення азотних добрив, кг/га д. р. [45].

За вирощування буряків цукрових на органо-мінеральних фонах удобрення може погіршуватися їхня технологічна якість. Це пов'язано з надлишковим умістом мінерального азоту наприкінці вегетації, який надходить у ґрунт у процесі мінералізації органічної речовини гною й вивільненні іммобілізованого азоту [30].

У дослідженнях, проведених на чорноземах вилугуваних на фоні 40 т/га гною +  $N_{90}P_{110}K_{130}$ , у ланці з конюшиною вміст калію становив 4,73, натрію – 2,49,  $\alpha$ -амінного азоту – 4,58 мг-екв/100 г соку, утрати цукру в мелясі – 2,88 %, що перевищувало аналогічні показники на мінеральному фоні живлення на 0,72; 0,44 та 0,45 мг-екв/100 г соку відповідно. У разі заорювання лише 40 т/га гною втрати цукру в мелясі становили в ланці з конюшиною 3,40 %, з кукурудзою з підсівом бобів – 3,10, з горохом – 3,46 % [45].

На фоні застосування  $N_{90}P_{60}K_{90}$  + 40 т/га гною на чорноземах вилугуваних у ланці з горохом уміст калію, натрію і  $\alpha$ -амінного азоту був у межах 4,95; 1,23 та 4,43 мг-екв/100 г

соку, тоді як на фоні лише мінеральних добрив – 4,92; 1,39 та 4,40 мг-екв/100 г соку, втрати цукру в мелясі становили 2,16 і 2,20 % відповідно. При заорюванні сидерату гірчиці білої + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> уміст калію, натрію та  $\alpha$ -амінного азоту був меншим порівняно з органічно-мінеральною системою на 0,20; 0,24 і 0,78 мг-екв/100 г соку, а втрати цукру в мелясі зменшились на 0,11 % [42].

### Висновки

Установлено що якість коренеплодів буряків цукрових залежить від впливу багатьох як біо-, так і абіотичних чинників, і є одним з найважливіших показників ефективності виробництва цукру. Зокрема, до якісних характеристик коренеплодів належать: концентрація сахарози та вміст численних мелясоутворювальних сполук (натрію, калію та  $\alpha$ -амінного азоту). З погляду ефективності виробництва цукру, саме концентрація  $\alpha$ -амінного азоту визначають так звані втрати цукру в мелясі.

Урожайність буряків цукрових значно залежить не тільки від біологічних особливостей рослин, а й від умісту доступного рослинам азоту в ґрунті. Застосування підвищених доз мінеральних добрив призводить до зниження цукристості та підвищеної концентрації домішок, як-от  $\alpha$ -амінний азот, тому найважливішим завданням для виробників буряків цукрових є розроблення й дотримання ефективної стратегії застосування мінеральних добрив, що забезпечує як прибутковість, так і якість коренеплодів.

В умовах 2020 року за внесення гною врожайність буряків була в межах 29,0–30,0 т/га, а от мінеральна система на фоні застосування гідрогелю в зону рядка до сівби дала змогу отримати максимальні 34,0 т/га проти 26,0 т/га на контролі. Також за внесення гідрогелю Aquasorb істотно зросла й ефективність добрив Леонардит та Паросток (марка 20) – прирости врожайності становили 7,0 і 6,0 т/га відповідно. Максимальний уміст цукрів у коренеплодах відзначено за мінеральної системи удобрення (N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>) на фоні внесення гідрогелю Aquasorb – 16,3 % проти 15,0 % на контролі, однак у цьому ж варіанті отримано й найвищий уміст  $\alpha$ -амінного азоту, який суттєво знижує заводський вихід цукру.

В умовах 2021 року застосування гною сприяло формуванню продуктивності в межах 50,7–53,3 т/га проти 49,7–50,2 т/га на контролях, а от мінеральна система забезпечила не найліпші результати (56,9–58,1 т/га), що підтверджує той факт, що мінеральне добриво ефективно працює лише за наявності доступної вологи. Найвищі показники врожайності отримано у варіантах застосування Леонардиту та Паросток (марка 20) на фоні гідрогелю – 58,6 та 61,6 т/га відповідно. Максимальну цукристість коренеплодів забезпечило застосування добрива Паросток (марка 20), причому як на фоні гідрогелю Aquasorb, так і без нього – 17,8 %.

### Використана література

1. Allison M. F., Jaggard K. W., Armstrong M. J. Time of application and chemical form of potassium, phosphorus, magnesium and sodium fertilizers and effects on the growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Journal of Agricultural Science*. 1994. Vol. 123, Iss. 1. P. 61–70. doi: 10.1017/S0021859600067782
2. Bornscheuer E., Meyerholz K., Wunderlich K. H. Seed production and quality. *The Sugar Beet Crop* / D. A. Cooke, R. K. Scott (Eds.). London, UK : Chapman & Hall., 1993. P. 120–155. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_4
3. Carter J. N., Kemper W. D., Traveller D. J. Yield and quality as affected by early and late fall and spring harvest of sugarbeets. *Journal of Sugarbeet Research*. 1985. Vol. 23, Iss. 1–2. P. 8–27.
4. The Sugar Beet Crop / D. A. Cooke, R. K. Scott (Eds.). London, UK : Chapman & Hall., 1993. 704 p. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9
5. Crocholl J., Knieke J. Gründüngung ist auf Leichten Böden Standard. *Zuckerrübe*. 2007. Vol. 1. S. 33–34.
6. Croll B., Hayes C. R. Nitrate and water supplies in the United Kingdom. *Environmental Pollution*. 1990. Vol. 50, Iss. 1–2. P. 163–187. doi: 10.1016/0269-7491(88)90190-X

7. Dunham R. J. Water use and irrigation. *The Sugar Beet Crop* / D. A. Cooke, R. K. Scott (Eds.). London, UK : Chapman & Hall., 1993. P. 279–309. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_8
8. Dutton J., Huijbregts T. Root quality and processing. *Sugar beet* / A. P. Draycott (Ed.). Oxford, UK : Blackwell Publ., 2006. P. 409–442. doi: 10.1002/9780470751114.ch16
9. Eckhoff J. L. A. Sugarbeet response to nitrogen at four harvest dates. *Journal of Sugarbeet Research*. 1999. Vol. 36, Iss. 4. P. 33–45. doi: 10.5274/jsbr.36.4.33
10. Fixen P. E. Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy*. 1993. Vol. 50. P. 107–150. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60833-0
11. Freckleton R., Watkinson A., Weeb D., Thomas T. Yield of sugar in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1999. Vol. 93, Iss. 1. P. 39–51. doi: 10.1016/S0168-1923(98)00106-3
12. Gaskell M., Smith R., Mitchell J. et al. Soil Fertility Management for Organic Crops. Davis, CA : University of California, 2007. doi: 10.3733/ucanr.7249
13. Giardini L., Pimpini F., Borin M., Gianquinto G. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on yield of crops. *Journal of Agricultural Science*. 1992. Vol. 118, Iss. 2. P. 207–213. doi: 10.1017/S0021859600068805
14. Gilmour J. T., Clark M. D., Daniel S. M. Predicting long-term decomposition of biosolids with a seven-day test. *Journal of Environmental Quality*. 1996. Vol. 25, Iss. 4. P. 766–770. doi: 10.2134/jeq1996.00472425002500040016x
15. Grzebisz W., Pepliński K., Szczepaniak W. et al. Impact of nitrogen concentration variability in sugar beet plant organs throughout the growing season on dry matter accumulation patterns. *Journal of Elementology*. 2012. Vol. 17, Iss. 3. P. 389–407. doi: 10.5601/jelem.2012.17.3.03
16. Hoffmann C. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2005. Vol. 191, Iss. 2. P. 138–145. doi: 10.1111/j.1439-037X.2004.00149.x
17. Hoffmann C. M., Kenter C., Bloch D. Marc concentration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to sucrose storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. Vol. 85, Iss. 3. P. 459–465. doi: 10.1002/jsfa.2002
18. Hoffmann D. C., Märländer B. Entwicklung und Perspektiven von Trtragundtechnischer Qualität. *Zuckerrüben*. 2001. No. 4. S. 218–225.
19. Jongman R. H. G., Bunce R. G. H., Metzger M. J. et al. Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecology*. 2006. Vol. 21, Iss. 3. P. 409–419. doi: 10.1007/s10980-005-6428-0
20. Kenter C., Hoffmann C., Märländer B. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*. 2006. Vol. 24, Iss. 1. P. 62–69. doi: 10.1016/j.eja.2005.05.001
21. Khan A. A. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*. 1992. Vol. 13. P. 131–166. doi: 10.1002/9780470650509.ch4
22. Koch H. J., Dieckmann J., Büchse A., Märländer B. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 30, Iss. 2. P. 101–109. doi: 10.1016/j.eja.2008.08.001
23. Lohaus G., Burba M., Heldt H. W. Comparison of the contents of sucrose and amino acids in the leaves, phloem sap and taproots of high and low sugar-producing hybrids of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*. 1994. Vol. 45, Iss. 8. P. 1097–1101. doi: 10.1093/jxb/45.8.1097
24. Mahn K., Hoffmann C., Märländer B. Distribution of quality components in different morphological sections of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*. 2002. Vol. 17, Iss. 1. P. 29–39. doi: 10.1016/S1161-0301(01)00139-3
25. Malnou C. S., Jaggard K. W., Sparkes D. L. A canopy approach to nitrogen fertilizer recommendation for the sugar beet. *European Journal of Agronomy*. 2006. Vol. 25, Iss. 3. P. 254–263. doi: 10.1016/j.eja.2006.06.002



26. Meissner S. T. Water potential gradients imply an apoplastic separation between red beet storage organ sink regions and the central xylem. *Journal of Sugarbeet Research*. 1999. Vol. 36, Iss. 1. P. 33–49. doi: 10.5274/jsbr.36.1.33
27. Meissner S. T., Spanswick R. M. Growth of the storage organ and parenchyma cells in red beet (*Beta vulgaris* L.): lower osmolarity correlates with increasing cell size, implying cell transport rather than diffusion limitation. *International Journal of Plant Sciences*. 1994. Vol. 155, Iss. 1. P. 36–48. doi: 10.1086/297145
28. Principles of Plant Nutrition / K. Mengel, E. A. Kirkby, H. Kosegarten, T. Appel (Eds.). Dordrecht : Springer, 2001. 593 p. doi: 10.1007/978-94-010-1009-2
29. Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J. et al. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *Journal of Agricultural Science*. 2000. Vol. 135, Iss. 1. P. 1–10. doi: 10.1017/S0021859699007881
30. Mitchell J., Gaskell M., Smith R. et al. Soil Management and Soil Quality for Organic Crops. Davis, CA : University of California, 2000. doi: 10.3733/ucanr.7248
31. Olesen J. E., Trnka M., Kersebaum K. C. et al. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*. 2011. Vol. 34, Iss. 2. P. 96–112. doi: 10.1016/j.eja.2010.11.003
32. Petersen J., Röver A. Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2005. Vol. 191, Iss. 1. P. 55–63. doi: 10.1111/j.1439-037X.2004.00134.x
33. Pidgeon J. D., Werker A. R., Jaggard K. W. et al. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2001. Vol. 109, Iss. 1. P. 27–37. doi: 10.1016/S0168-1923(01)00254-4
34. Pimpini F., Giardini L., Borin M., Gianquinto G. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the quality of crops. *Journal of Agricultural Science*. 1992. Vol. 118, Iss. 2. P. 215–221. doi: 10.1017/S0021859600068817
35. Rychcik B., Zawiślak K. Yield and Root Technological Quality of Sugar Beet Grown in Crop Rotation and Long-Term Monoculture. *Plant, Soil and Environment*. 2011. Vol. 48, Iss. 10. P. 458–462. doi: 10.17221/4395-PSE
36. Supit I., van Diepen C. A., de Wit A. J. W. et al. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*. 2010. Vol. 103, Iss. 9. P. 683–694. doi: 10.1016/j.agsy.2010.08.009
37. Theobald K. Welches Fruchtfolgeintervall ist optimal? *Zuckerrübe*. 2016. No. 2. S. 14–15.
38. Van den Putte A., Govers G., Diels J. et al. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *European Journal of Agronomy*. 2010. Vol. 33, Iss. 3. P. 231–241. doi: 10.1016/j.eja.2010.05.008
39. Windt A., Wollenweder D. Grunddüngung Zuckerrüben. *Zuckerrübe*. 2005. No. 4. S. 206–207.
40. Winner C. History of the crop. *The Sugar Beet Crop* / D. A. Cooke, R. K. Scott (Eds.). London, UK : Chapman & Hall., 1993. P. 1–35. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_1
41. Wyse R. Parameters controlling sucrose content and yield of sugarbeet roots. *Journal of Sugarbeet Research*. 1979. Vol. 20, Iss. 4. P. 368–385. doi: 10.5274/jsbr.20.4.368
42. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ : Компрінт, 2016. 328 с.
43. Карпук Л. М., Присяжнюк О. І. Математичні моделі росту та розвитку цукрових буряків залежно від кліматичних факторів. *Цукрові буряки*. 2014. № 6. С. 13.
44. Роїк М. В., Корнеєва М. О. Екологічна стабільність і пластичність перспективних гібридів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2017. № 3. С. 4.
45. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ, 2014. 416 с.
46. Цвей Я. П., Торлина О. Н., Левченко Л. Н. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от звеньев коротко-ротационных севооборотов. *Сахарная свекла*. 2016. № 2. С. 7.

47. Ященко Л. А. Агрохімічне обґрунтування підвищення продуктивності цукрових буряків на лужно-чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04 – агрохімія. Київ, 2003. 19 с.
48. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
49. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
50. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
51. Ткачик С. О., Присяжнюк О. І., Лешук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.
52. Роїк М. В., Сінченко В. М., Присяжнюк О. І., Ермантраут Е. Р. Проведення демонстраційних дослідів. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 22 с.

### References

- Allison, M. F., Jaggard, K. W., & Armstrong, M. J. (1994). Time of application and chemical form of potassium, phosphorus, magnesium and sodium fertilizers and effects on the growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Journal of Agricultural Science*, 123(1), 61–70. doi: 10.1017/S0021859600067782
- Bornscheuer, E. Meyerholz, K., & Wunderlich, K. H. (1993). Seed production and quality. In D. A. Cooke, & R. K. Scott (Eds.), *The Sugar Beet Crop* (pp. 120–155). London, UK: Chapman & Hall. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_4
- Carter, J. N., Kemper, W. D., & Traveller, D. J. (1985). Yield and quality as affected by early and late fall and spring harvest of sugarbeets. *Journal of Sugar Beet Research*, 23(1–2), 8–27.
- Cooke, D. A., & Scott, R. K. (Eds.). (1993). *The Sugar Beet Crop*. London, UK: Chapman & Hall. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9
- Crocholl, J., & Knieke, J. (2007). Gründüngung ist auf Leichten Böden Standard. *Zuckerrübe*, 1, 33–34.
- Croll, B., & Hayes, C. R. (1990). Nitrate and water supplies in the United Kingdom. *Environmental Pollution*, 50(1–2), 163–187. doi: 10.1016/0269-7491(88)90190-X
- Dunham, R. J. (1993). Water use and irrigation. In D. A. Cooke, & R. K. Scott (Eds.), *The Sugar Beet Crop* (pp. 279–309). London, UK: Chapman & Hall. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_8
- Dutton, J., & Huijbregts, T. (2006). Root quality and processing. In A. P. Draycott (Ed.), *Sugar beet* (pp. 409–442). Oxford, UK: Blackwell Publ. doi: 10.1002/9780470751114.ch16
- Eckhoff, J. L. A. (1999). Sugarbeet response to nitrogen at four harvest dates. *Journal of Sugar Beet Research*, 36(4), 33–45. doi: 10.5274/jsbr.36.4.33
- Fixen, P. E. (1993). Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy*, 50, 107–150. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60833-0
- Freckleton, R., Watkinson, A., Weeb, D., & Thomas, T. (1999). Yield of sugar in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93(1), 39–51. doi: 10.1016/S0168-1923(98)00106-3
- Gaskell, M., Smith, R., Mitchell, J., Koike, S. T., Fouche, C., Hartz, T., Horwath, W., & Jackson, L. (2007). *Soil Fertility Management for Organic Crops*. University of California, Davis, California. doi: 10.3733/ucanr.7249
- Giardini, L., Pimpini, F., Borin, M., & Gianquinto, G. (1992). Effects of poultry manure and mineral fertilizers on yield of crops. *Journal of Agricultural Science*, 118(2), 207–213. doi: 10.1017/S0021859600068805
- Gilmour, J. T., Clark, M. D., & Daniel, S. M. (1996). Predicting long-term decomposition of biosolids with a seven-day test. *Journal of Environmental Quality*, 25(4), 766–770. doi: 10.2134/jeq1996.00472425002500040016x

15. Grzebisz, W., Pepliński, K., Szczepaniak, W., Barłóg, P., & Cyna, K. (2012). Impact of nitrogen concentration variability in sugar beet plant organs throughout the growing season on dry matter accumulation patterns. *Journal of Elementology*, 17(3), 389–407. doi: 10.5601/jelem.2012.17.3.03
16. Hoffmann, C. (2005). Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(2), 138–145. doi: 10.1111/j.1439-037X.2004.00149.x
17. Hoffmann, C. M., Kenter, C., & Bloch, D. (2005). Marc concentration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to sucrose storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(3), 459–465. doi: 10.1002/jsfa.2002
18. Hoffmann, D. C., & Märlander, B. (2001). Entwicklung und Perspektiven von Ertrag und technischer Qualität. *Zuckerrüben*, 4, 218–225.
19. Jongman, R. H. G., Bunce, R. G. H., Metzger, M. J., Mücher, C. A., Howard, D. C., & Mateus, V. L. (2006). Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecology*, 21(3), 409–419. doi: 10.1007/s10980-005-6428-0
20. Kenter, C., Hoffmann, C., & Märlander, B. (2006). Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(1), 62–69. doi: 10.1016/j.eja.2005.05.001
21. Khan, A. A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 13, 131–166. doi: 10.1002/9780470650509.ch4
22. Koch, H. J., Dieckmann, J., Büchse, A., & Märlander, B. (2009). Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*, 30(2), 101–109. doi: 10.1016/j.eja.2008.08.001
23. Lohaus, G., Burba, M., & Heldt, H. W. (1994). Comparison of the contents of sucrose and amino acids in the leaves, phloem sap and taproots of high and low sugar-producing hybrids of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*, 45(8), 1097–1101. doi: 10.1093/jxb/45.8.1097
24. Mahn, K., Hoffmann, C., & Märlander, B. (2002). Distribution of quality components in different morphological sections of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 17(1), 29–39. doi: 10.1016/S1161-0301(01)00139-3
25. Malnou, C. S., Jaggard, K. W., & Sparkes, D. L. (2006). A canopy approach to nitrogen fertilizer recommendation for the sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 25(3), 254–263. doi: 10.1016/j.eja.2006.06.002
26. Meissner, S. T. (1999). Water potential gradients imply an apoplastic separation between red beet storage organ sink regions and the central xylem. *Journal of Sugarbeet Research*, 36(1), 33–49. doi: 10.5274/jsbr.36.1.33
27. Meissner, S. T., & Spanswick, R. M. (1994). Growth of the storage organ and parenchyma cells in red beet (*Beta vulgaris* L.): lower osmolarity correlates with increasing cell size, implying cell transport rather than diffusion limitation. *International Journal of Plant Sciences*, 155(1), 36–48. doi: 10.1086/297145
28. Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (Eds.). (2001). *Principles of Plant Nutrition*. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-010-1009-2
29. Milford, G. F. J., Armstrong, M. J., Jarvis, P. J., Houghton, B. J., Bellett-Travers, D. M., Jones, J., & Leigh, R. A. (2000). Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. *Journal of Agricultural Science*, 135(1), 1–10. doi: 10.1017/S0021859699007881
30. Mitchell, J., Gaskell, M., Smith, R., Fouche, C., & Koike, S. (2000). *Soil Management and Soil Quality for Organic Crops*. University of California, Davis, California. doi: 10.3733/ucanr.7248
31. Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., ... Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96–112. doi: 10.1016/j.eja.2010.11.003

32. Petersen, J., & Röver, A. (2005). Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(1), 55–63. doi: 10.1111/j.1439-037X.2004.00134.x
33. Pidgeon, J. D., Werker, A. R., Jaggard, K. W., Richter, G. M., Lister, D. H., & Jones, P. D. (2001). Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109(1), 27–37. doi: 10.1016/S0168-1923(01)00254-4
34. Pimpini, F., Giardini, L., Borin, M., & Gianquinto, G. (1992). Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the quality of crops. *Journal of Agricultural Science*, 118(2), 215–221. doi: 10.1017/S0021859600068817
35. Rychcik, B., & Zawiślak, K. (2011). Yield and Root Technological Quality of Sugar Beet Grown in Crop Rotation and Long-Term Monoculture. *Plant, Soil and Environment*, 48(10), 458–462. doi: 10.17221/4395-PSE
36. Supit, I., van Diepen, C. A., de Wit, A. J. W., Kabat, P., Baruth, B., & Ludwig, F. (2010). Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*, 103(9), 683–694. doi: 10.1016/j.agsy.2010.08.009
37. Theobald, K. (2016). Welches Fruchtfolgeintervall ist optimal? *Zuckerrübe*, 2, 14–15.
38. Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K., & Demuzere, M. (2010). Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 231–241. doi: 10.1016/j.eja.2010.05.008
39. Windt, A., & Wollenweder, D. (2005). Grunddüngung Zuckerrüben. *Zuckerrübe*, 4, 206–207.
40. Winner, C. (1993). History of the crop. In D. A. Cooke, & R. K. Scott (Eds.), *The Sugar Beet Crop* (pp. 1–35). London, UK: Chapman & Hall. doi: 10.1007/978-94-009-0373-9\_1
41. Wyse, R. (1979). Parameters controlling sucrose content and yield of sugarbeet roots. *Journal of Sugarbeet Research*, 20(4), 368–385. doi: 10.5274/jsbr.20.4.368
42. Ivanina, V. V. (2016). *Biologization of crop fertilization in crop rotations*. Kyiv: Komprynt. [In Ukrainian]
43. Karpuk, L. M., & Prysiazhniuk, O. I. (2014). Mathematical models of sugar beet growth and development depending on climatic factors. *Sugar Beet*, 6, 13. [In Ukrainian]
44. Roik, M. V., & Kornieieva, M. O. (2017). Environmental stability and plasticity of promising sugar beet hybrids. *Sugar Beet*, 3, 4. [In Ukrainian]
45. Tsvei, Ya. P. (2014). *Soil fertility and crop rotation productivity*. Kyiv: Komprynt. [In Ukrainian]
46. Tsvei, Y. P., Torlyna, O. N., & Levchenko, L. N. (2016). The productivity of sugar beet depending on the links of short-rotation crop rotations. *Sugar Beet*, 2, 7. [In russian]
47. Yashchenko, L. A. (2003). *Agrochemical justification of increasing the productivity of sugar beets on the alkaline-chnozem carbonate soil of the Forest-Steppe of Ukraine* (PhD Diss. Abstract). Kyiv, Ukraine. [In Ukrainian]
48. Ehrmantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data in the Statistica 6.0 package*. Kyiv: PolighrafConsaltyn. [In Ukrainian]
49. Ermantraut, E. R., Hoptsii, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiazhniuk, O. I. (2014). *Methods of selection experiment (in crop production)*. Kharkiv: N.p. [In Ukrainian]
50. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Methods of research in sugar beet growing*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
51. Tkachyk, S. O., Prysiazhniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *The method of conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4<sup>th</sup> ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
52. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Prysiazhniuk, O. I., & Ermantraut, E. R. (2017). *Conducting demonstration experiments*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]



UDC 633.9:631.54

**Prysiashniuk, O. I., & Shulha, S. S.** (2022). Productivity formation and processability of sugar beet in the conditions of continental climate. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 79–95. [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: ollpris@gmail.com*

**Purpose.** To reveal the peculiarities of yield formation and processability of sugar beet roots in the conditions of the Steppe of Ukraine through optimizing the cultivation technology. **Methods.** The field experiment was conducted in the years 2020–2021 in the conditions of Chkalov Agrocompany LLC (Kirovohrad region). A drought-resistant diploid sugar beet hybrid ‘Magister’ (SESVanderHave) was grown against the background of the application of a moisture retainer (without hydrogel and hydrogel Aquasorb, 300 kg/ha) and different fertilization systems [without fertilizers – control; manure, 20 t/ha; N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>; Leonardyt, 400 kg/ha; Parostok-20, 400 kg/ha]. Organic and mineral fertilizers (PK) were applied in autumn under plowing, while nitrogen component was applied under early spring cultivation. The adsorbent was applied to the soil two weeks before sowing the crop locally in the zone of the row to be, based on the data of the GPS tracker. The rest of the agricultural activities carried out were generally accepted components of cultivation technology in the research area. **Results.** As a result of rather difficult weather conditions in 2020, the yield of root crops was only 30.3 t/ha on average in the experiment. The lowest level yield (26.0 t/ha) was obtained in the plots of both controls without fertilizer, while the application of 20 t/ha of manure yielded 29.0–30.0 t/ha. The mineral system (N<sub>170</sub>P<sub>180</sub>K<sub>350</sub>), despite its significantly lower efficiency in the treatment without Aquasorb hydrogel (31.0 t/ha), when it was applied to the soil before sowing the crop, ensured the maximum productivity of sugar beets – 34.0 t/ha. In addition, against the background of the hydrogel, the effectiveness of Leonardyt and Parostok-20 increased significantly – yield increases by 7.0 and 6.0 t/ha, respectively. The maximum content of sugars in roots was noted under the mineral fertilization system against the background of Aquasorb hydrogel – 16.3 against 15.0% in the control. However, in the same treatment, the highest content of  $\alpha$ -amine nitrogen was also obtained, which significantly reduces the yield of sugar at the factory. In 2021, due to favorable weather conditions during the crop vegetation, the yield of root crops was 55.6 t/ha on average in the experiment, which is almost twice as high as the previous year. As predicted, the lowest yield was obtained in the treatments without fertilizers – 49.7–50.2 t/ha, with manure application – 50.7–53.3 t/ha. Significantly higher, however, unlike in 2020, the indicators for the mineral fertilizer system were 56.9–58.1 t/ha. The most effective from the point of view of the formation of sugar beet productivity were Leonardyt and Parostok-20 yielding 58.1–58.6 and 59.2–61.6 t/ha, respectively. The maximum sugar content of roots was ensured by the use of Parostok-20 fertilizer, both on the background of Aquasorb hydrogel and without it (17.8% compared to control 15.8%). **Conclusions.** Weather conditions during the vegetation of sugar beets are the most significant factor that determines the level of their productivity, as well as the effectiveness of applied agricultural measures. In all treatments with fertilizers, a significant increase in crop yield was observed, and the amount of the obtained increments largely depended on both their type and the use of hydrogel, especially under unfavorable growing conditions. On average, during the research period, the highest indicators of sugar yield were obtained in the treatment with the use of organic fertilizers of the new formulation Leonardyt and Parostok-20 on the background of Aquasorb hydrogel, which indicates the feasibility of their further implementation in the cultivation technology for sugar beet.

**Keywords:** *productivity; sugar content of roots; alpha-amine nitrogen; mineral fertilizer; organic fertilizer.*

*Надійшла / Received 15.09.2022*

*Погоджено до друку / Accepted 27.10.2022*