

УДК 631.547:57.087

Закономірності зміни врожайності та якості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України

О. І. Присяжнюк^{1*} , А. С. Заришняк², В. М. Сінченко¹, О. В. Музика³, І. В. Свистунова⁴, В. В. Слободянюк¹, Б. М. Борисенко¹, О. В. Лук'янчук¹, Калатур К. А.¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com

²Національна академія аграрних наук України, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

³Київська спеціалізована філія Українського інституту експертизи сортів рослин, вул. Ставищанська, 108-А, м. Біла Церква, Київська обл., 09111, Україна

⁴Національний університет біоресурсів та природокористування, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Установити закономірності формування врожайності та якості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження проводили в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (50.023194, 30.173895) упродовж 2014–2018 рр. **Результати.** Погодні умови за роки досліджень були строкатими й найбільша потреба рослин буряків цукрових у волозі спостерігається в період від змикання листків у рядку до змикання листків у міжряддях. У фазі змикання рядків (ВВСН 30) найнижчі запаси вологи були в шарі ґрунту 0–50 см у 2017 р., а найвищі – у 2014-му. Решта ж років мали близькі до середніх показники наявності вологи. Застосування вологоутримувальних полімерів дало змогу стабільно накопичувати 5 мм вологи, доступної рослинам у верхніх шарах ґрунту. **Висновки.** Найдієвішим агрозаходом було застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb, що сприяло зростанню врожайності коренеплодів на 12,47 %. Загалом найвищі показники врожайності коренеплодів та заводського виходу цукру отримано за комбінованого внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та оброблення рослин регулятором росту Келпак РК (2 л/га ВВСН 14 + 4 л/га ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га ВВСН 18) – 79,0 т/га і 15,95 % або ж мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га ВВСН 18) – 78,9 т/га і 15,96 % відповідно. Це свідчить про те, що зростання врожайності та збору цукру в результаті дії комплексу чинників мінеральне живлення буряків залишається на оптимальному рівні, що забезпечує отримання високоякісної продукції.

Ключові слова: адсорбент; регулятор росту рослин; мікродобриво; концентрат ґрунтових бактерій; цукристість коренеплодів; збір цукру.

Вступ

Буряки цукрові здатні формувати високі показники потенційної врожайності в разі застосування сучасних технологій вирощування та впровадження у виробництво високопродуктивних гібридів. Зокрема, в Німеччині та Франції реально отримувати врожайність на рівні 110–150 т/га, а в Україні 90–110 т/га [1]. Однак у середньому по Україні за 2020 рік урожайність коренеплодів буряків цукрових була на рівні 40,8 т/га, що більш ніж удвічі менше від потенційних можливостей цієї культури [2, 3].

Присяжнюк О. І., Заришняк А. С., Сінченко В. М., Музика О. В., Свистунова І. В., Слободянюк В. В., Борисенко Б. М., Лук'янчук О. В., Калатур К. А. Закономірності зміни врожайності та якості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385>

Не останню роль в обмеженні високого рівня продуктивності буряків цукрових відіграють фактори умов вирощування – температура повітря та ґрунту, кількість опадів, наявність доступної вологи в ґрунті, забезпечення рослин елементами живлення тощо. При цьому, якщо забезпечення якісного живлення та інші агротехнічні заходи виробничники можуть контролювати, то режим зволоження та теплозабезпечення повністю залежить від умов регіону вирощування. А в контексті глобальних змін клімату змінюються й локальні кліматичні умови, що здебільшого в негативній мірі впливає на формування рослинами високого рівня їх продуктивності [4–6].

Вода є одним з найважливіших чинників формування життя на Землі загалом та забезпечення високого рівня продуктивності сільськогосподарських культур зокрема. Вона бере участь у переважній більшості процесів, пов'язаних із ростом і розвитком рослин, адже останні в період активної вегетації на 75–90 % складаються саме з води [7–9].

Найвизначнішим процесом, у якому задіяна вода, є фотосинтез органічної речовини. Для формування 1 г сухої речовини рослинам потрібно від 200 до 1000 г води. А тому продуктивність сільськогосподарських культур напряду залежить від рівня їх вологозабезпечення. Саме за достатньої кількості вологи в ґрунті створюються умови, сприятливі для росту й розвитку рослин [10–12].

Для успішного росту й розвитку і формування високого рівня продуктивності цукровим бурякам необхідні достатні запаси вологи. Адже лише на формування 1 г сирої маси коренеплодів рослина витрачає 70–80 см³, а на накопичення 1 г цукрів у коренеплоді – близько 450–500 см³ води. Незважаючи на те, що транспіраційний коефіцієнт буряків цукрових становить 260–400 г води на формування 1 г сухої речовини, загальний рівень водоспоживання – 70–160 м³/т [13].

Якщо аналізувати вегетаційний період культури, то найменше вологи буряки цукрові використовують у період розвитку листків: від першої до дев'ятої пари. Однак для проростання насіння, яке поглинає не менше 150–170 % води від власної маси, у 20-сантиметровому шарі ґрунту потрібен запас вологи не менше ніж 25 мм [14, 15]. Водоспоживання рослин буряків цукрових після появи сходів незначне, оскільки площа листової поверхні в цей період вегетації є мінімальною, а найактивніше розвивається коренева система [16]. Найбільша потреба рослин культури у волозі спостерігається в період від змикання листків у рядку до змикання листків у міжряддях. Наслідком нестачі води може бути значне пригнічення рослин, навіть до втрати частини листків, зменшення маси рослини та, як наслідок, урожаю [13, 14].

В умовах нестійкого зволоження Лісостепу України, вирощування буряків цукрових завше пов'язане з ризиками отримання недостатнього рівня продуктивності культури та вичерпання запасів вологи необхідної для наступних рослин сівозміни. Тому дослідження агротехнічних заходів поліпшення вологозабезпечення культури та підвищення її толерантності до водного дефіциту є актуальним.

Мета досліджень – установити закономірності формування врожайності та якості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження виконували в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (50.023194, 30.173895) упродовж 2014–2018 рр. Схему досліду наведено в таблиці 1.

Площа елементарної ділянки в досліді становила 50 м², облікової – 35 м², повторність – чотириразова.

Вологоутримувач Aquasorb уносили під ранньовесняну культивування суцільним способом за допомогою розкидача типу Amazone ZA-TS 3200. Концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт у дозі 20 л/га, ґрунт обробляли безпосередньо перед культивуванням за допомогою польового навісного обприскувача типу Amazone UF з нормою витрати робочої рідини 200 л/га.

Ґрунт дослідного поля ІБКіЦБ – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку зі вмістом гумусу – 2,58 % (за Тюрнімом), лужногідролізованого азоту – 176 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом), рухомих сполук фосфору та калію – 160 і 95 мг/кг ґрунту (за Чиріковим), рН_{сол.} – 6,75, сума ввібраних основ – 305 мг-екв/кг ґрунту, гідролітична кислотність – 9,1 мг-екв/кг. Уміст гумусу та лужногідролізованого азоту середній, рухомого фосфору – високий, калію – підвищений.

Таблиця 1

Розроблення елементів технології, спрямованих на підвищення толерантності до водного дефіциту буряків цукрових на ранніх етапах росту й розвитку

Волого-утримувач	Обробка ґрунту	Регулятор росту рослин	Мікродобриво	№
Контроль	Контроль	Контроль	Контроль	1
		Контроль	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	2
		Контроль	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	3
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Контроль	4
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	5
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	6
	Концентрат ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га)	Контроль	Контроль	7
		Контроль	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	8
		Контроль	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	9
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Контроль	10
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	11
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	12
Вологоутримувальні полімери Aquasorb (300 кг/га)	Контроль	Контроль	Контроль	13
		Контроль	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	14
		Контроль	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	15
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Контроль	16
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	17
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	18
	Концентрат ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га)	Контроль	Контроль	19
		Контроль	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	20
		Контроль	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	21
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Контроль	22
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18)	23
		Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18)	Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18)	24

Погодні умови за роки досліджень були строкатими, з градацією від помірного зволоження до сильної посухи, що не тільки визначало ефективність росту й розвитку буряків цукрових, а й відповідало за показниками динаміки зміни елементів погоди більше зоні недостатнього зволоження. Найбільша потреба рослин буряків цукрових у волозі спостерігається в період від змикання листків у рядку до змикання листків у міжряддях. У фазі змикання рядків (ВВСН 30) найнижчі запаси вологи були в шарі ґрунту 0–50 см у 2017 р., а найвищі – у 2014-му. Решта ж років мали близькі до середніх показники наявності вологи. Застосування вологоутримувальних полімерів дало змогу стабільно накопичувати 5 мм вологи, доступної рослинам у верхніх шарах ґрунту.

Експериментальні дослідження проводили згідно з методиками польового досліду та спеціальними методиками [17–19].

Результати досліджень

Проаналізуємо дані врожайності буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології (табл. 2).

Якщо аналізувати формування врожайності буряків цукрових за роки проведення досліджень, то найвищі її показники в середньому по досліді отримано у 2014 і 2018 рр. – 73,0 і 74,7 т/га, а найнижчі – у 2015, 2016 і 2017-му – 68,5; 61,1 та 60,3 т/га відповідно.

Щодо формування врожайності коренеплодів у межах досліджуваного періоду, то нижчий її рівень стабільно відзначався у контрольному варіанті, де буряки вирощували без застосування додаткових елементів технології.

Унесення лише мікродобрив Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) або Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) забезпечувало незначний приріст урожаю коренеплодів на рівні 0,4 та 0,2 т/га, що ще раз підтверджує малоефективність цього агрозаходу за ліміту факторів навколишнього середовища або в разі очікування від нього, як резерву, кардинального збільшення продуктивності рослин без поєднання з іншими агрозаходами.

Таблиця 2

Урожайність коренеплодів буряків цукрових (середнє за 2014–2018 рр.)							
Варіант, №	Урожайність, т/га	Середнє за регулятором росту	± до контролю	Середнє за обробкою ґрунту	± до контролю	Середнє за вологоутримувачем	± до контролю
1	67,2	67,4	–	68,3	–	68,5	–
2	67,6						
3	67,4						
4	69,0	69,2	2,60	68,8	0,75	77,1	12,47
5	69,3						
6	69,2						
7	67,7	67,9	–	76,7	–	77,5	0,98
8	68,0						
9	67,9						
10	69,5	69,7	2,71	77,7	–	78,8	3,46
11	69,9						
12	69,8						
13	75,4	75,6	–	77,5	0,98	78,9	–
14	75,8						
15	75,6						
16	77,6	77,8	2,92	0,61	–	0,78	–
17	78,0						
18	77,8						
19	76,0	76,2	–	0,65	–	0,61	–
20	76,3						
21	76,2						
22	78,5	78,8	3,46	0,61	–	0,78	–
23	79,0						
24	78,9						
НР _{0,05}	1,82	0,65	–	0,61	–	0,78	–

Застосування регулятора росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) сприяло збільшенню врожайності коренеплодів на 2,60–2,71 %, а у варіантах з поєднанням з вологоутримуючими полімерами Aquasorb (300 кг/га) на 2,92–3,46 %.

Водночас оброблення ґрунту концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) порівняно з контрольними варіантами сприяла зростанню врожайності на 0,75–0,98 %.

Найдієвішим агрозаходом серед усіх досліджуваних виявилось застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га), що сприяло зростанню врожайності коренеплодів на 12,47 %.

У роки з нестачею вологи – 2016 та 2017 – значення вологоутримувальних полімерів Aquasorb у формуванні врожайності коренеплодів буряків цукрових зросло порівняно з роками із достатнім рівнем вологозабезпечення. Це доводить важливість застосування гідрогелю для формування високої продуктивності культури саме в умовах нестачі вологи впродовж її вегетації.

Попри те, що додаткові елементи технології окремо спрацювали з різним ступенем ефективності, вони були дієвими в разі їх комплексного застосування. Зокрема, найвищу врожайність коренеплодів зафіксовано за внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та оброблення рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) – 79,0 т/га або ж мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) – 78,9 т/га.

Частки впливу факторів на формування приросту врожайності буряків цукрових відображено на рисунку 1.

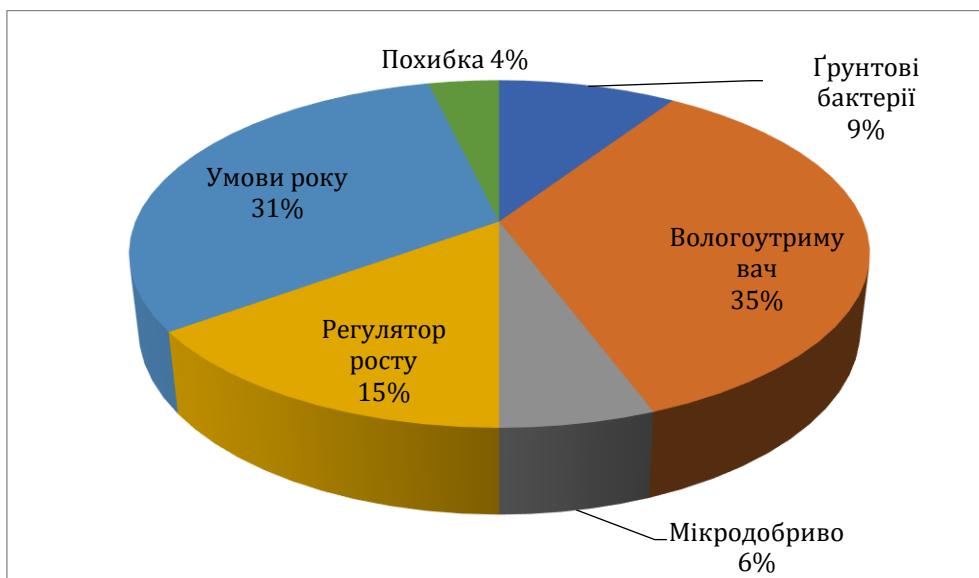


Рис. 1. Частки впливу факторів на формування приросту врожайності буряків цукрових (за даними 2014–2018 рр.)

У результаті проведеного дисперсійного аналізу визначено, що вологоутримувач визначав продуктивність буряків цукрових на 35 %, умови року – на 31 %, регулятор росту – на 15 %, внесення ґрунтових бактерій – на 9 %, а застосування мікродобрива – на 6 %.

Цей тип аналізу дає змогу оцінити приріст урожайності, а базовий рівень продуктивності забезпечує технологія вирощування, однакова для всіх варіантів.

Дані щодо цукристості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Цукристість коренеплодів буряків цукрових (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант, №	Уміст цукрів, %	Середнє за регулятором росту	± до контролю	Середнє за обробкою ґрунту	± до контролю	Середнє за вологоутримувачем	± до контролю
1	16,8						
2	16,9	16,8	–				
3	16,8			16,9	–		
4	16,8						
5	16,9	16,9	0,24				
6	16,9					16,9	–
7	16,6						
8	16,8	16,7	–				
9	16,8			16,9	0,24		
10	17,0						
11	17,1	17,1	1,91				
12	17,1						
13	17,1						
14	17,2	17,2	–				
15	17,3			17,2	–		
16	17,2						
17	17,3	17,3	0,54				
18	17,3					17,4	3,25
19	17,4						
20	17,5	17,5	–				
21	17,5			17,6	2,34		
22	17,7						
23	17,9	17,8	1,87				
24	17,8						
НІР _{0,05}	0,48	0,10	–	0,12	–	0,23	–

Аналіз цукристості коренеплодів буряків цукрових за роками досліджень показує відмінності порівняно з урожайністю: у роки з меншим рівнем урожайності отримано вищу цукристість коренеплодів. Це стосується таких років, як 2015 – 18,4 %, 2016 – 19,2 %, а от у 2017 та 2018 рр. цукристість була 14,2 та 14,6 % відповідно.

Серед усіх досліджуваних факторів найбільший вплив на формування цукристості коренеплодів відзначено у варіантах застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га), за яких приріст до контролю становив 3,25 %.

Ефективним виявилось застосування регулятора росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18), який забезпечив приріст цукристості на 0,24 % в чистому вигляді. А от застосування цього фактора у варіанті внесення в ґрунт ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) сприяло отриманню приросту на рівні 1,91 %.

Також надзвичайно ефективно спрацювали ґрунтові мікроорганізми у поєднанні із застосуванням вологоутримувальних полімерів Aquasorb. За окремого внесення приріст цукристості був на рівні 0,24 %, а от за поєднання факторів сягнув 2,34 %.

Як бачимо, у формуванні цукристості коренеплодів більш чітко прослідковується ефективність застосування досліджуваних елементів технології в комплексі. Зокрема, найвищий рівень цукристості коренеплодів буряків цукрових було зафіксовано за внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та оброблення рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) – 17,9 % або ж мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) – 17,8 %, що на 1,1 та 1,0 % було вище контрольного варіанту.

Отже, навіть базова технологія вирощування буряків цукрових досить добре адаптована до забезпечення потреб рослин та формування високого рівня цукристості їх коренеплодів. А тому досліджувані елементи технології спрацювали очікувано добре, з прийнятними рівнями підвищення цукристості. Причому якраз з точки зору формування вищого рівня продуктивності зміни цукристості коренеплодів не можуть сягати кількох відсотків, оскільки ми основний напрям факторів впливу робили на забезпеченні стабільного росту й розвитку буряків в умовах абіотичного стресу, а не підвищення рівня їх цукристості.

Частки впливу факторів на формування приросту цукристості коренеплодів буряків цукрових відображено на рисунку 2.

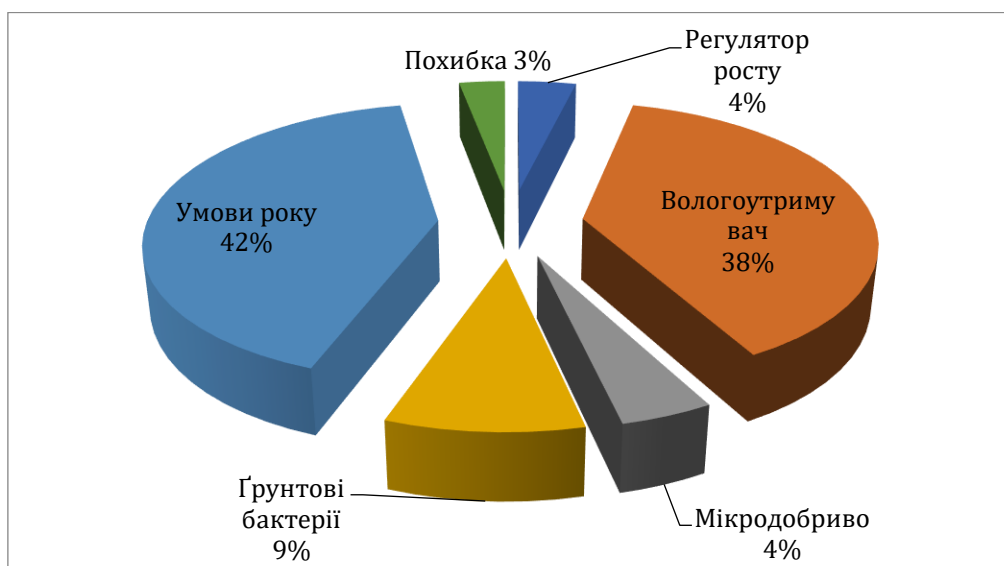


Рис. 2. Частки впливу факторів на формування приросту цукристості коренеплодів буряків цукрових (за даними 2014–2018 рр.)

Аналогічно врожайності ми визначили вплив факторів на приріст цукристості, а базовий рівень формує технологія вирощування, яка однакова для всіх варіантів.

На основі дисперсійного аналізу встановлено, що погодні умови визначали 42 % змін, а вологоутримувач на 38 % визначав зміну цукристості коренеплодів буряків цукрових.

Застосування ґрунтових бактерій визначало 9 %, регулятора росту 4 % та застосування мікродобрива також 4 % змін цукристості коренеплодів.

Дані інтегрального показника – збору цукру буряків цукрових за застосування досліджуваних елементів технології показано в таблиці 4.

Таблиця 4

Збір цукру буряків цукрових (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант, №	Збір цукру, т/га	Середнє за регулятором росту	± до контролю	Середнє за обробкою ґрунту	± до контролю	Середнє за вологоутримувачем	± до контролю
1	11,3						
2	11,4	11,3	–				
3	11,3			11,5	–		
4	11,6						
5	11,7	11,7	2,80				
6	11,7						
7	11,2					11,6	–
8	11,4	11,4	–				
9	11,4			11,6	1,00		
10	11,8						
11	11,9	11,9	4,66				
12	11,9						
13	12,9						
14	13,1	13,0	–				
15	13,1			13,2	–		
16	13,3						
17	13,5	13,4	3,45				
18	13,5					13,4	16,20
19	13,2						
20	13,4	13,3	–				
21	13,3			13,7	3,33		
22	13,9						
23	14,1	14,0	5,35				
24	14,1						
HP _{0,05}	0,68	0,20	–	0,18	–	0,24	–

Оскільки збір цукру можна розглядати як інтегральну ознаку врожайності та цукристості коренеплодів буряків цукрових, то відповідно й фактори впливу на цей показник будуть відображати внесок основних елементів дослідження у формування попередніх двох ознак.

Досліджено, що застосування регулятора росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) сприяло збільшенню збору цукру на 2,80 % у контрольному варіанті та на 3,45 % за внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га). А от поєднання регулятора росту з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) сприяло підвищенню збору цукру до 4,66 та 5,35 % відповідно.

Обробляння ґрунту концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) виявилась ефективним агрозаходом, що збільшував збір цукру на 11,5–13,7 %, причому основні тенденції взаємодії факторів дослідження були збережені. Найефективнішим заходом було застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га), що порівняно з контрольними варіантами сприяло зростанню збору цукру на 16,2 %.

Аналогічно врожайності та цукристості комбіноване застосування факторів дослідження сприяло отриманню кращих показників збору цукру. Зокрема визначено, що за внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та обробляння рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) або ж обробляння мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) можна отримати 14,0 т/га цукру.

Отже, досліджувані елементи технології вирощування буряків цукрових сприяють не тільки формуванню високого рівня продуктивності та цукристості коренеплодів, а й забезпеченню кращого показника збору цукру.

Не менш важливим фактором формування якості коренеплодів є визначення їх параметрів, що відповідають за заводський вихід цукру, а саме вміст калію, натрію, альфа-амінного азоту, чистоту соку та втрати цукру в мелясі. Адже саме можливість отримання заявлених характеристик виходу цукру на заводі визначає комерційний інтерес до вирощування буряків цукрових за пропонованою технологією.

Дані якісних характеристик коренеплодів буряків цукрових за застосування досліджуваних елементів технології показано в таблиці 5.

Таблиця 5

Якісні характеристики коренеплодів буряків цукрових (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант, №	Уміст, ммоль/100 г			Чистота соку, %	Втрати цукру в мелясі, %	Заводський вихід цукру, %
	калій	натрій	α-амінний азот			
1	3,49	0,82	1,28	92,92	1,91	14,87
2	3,55	0,83	1,35	92,97	1,93	14,97
3	3,38	0,82	1,35	93,03	1,91	14,93
4	3,60	0,86	1,25	92,97	1,92	14,92
5	3,48	0,79	1,26	92,98	1,89	15,03
6	3,63	0,79	1,25	93,01	1,91	14,97
7	3,46	0,88	1,37	93,02	1,93	14,69
8	3,55	0,84	1,26	92,99	1,91	14,93
9	3,56	0,80	1,27	92,99	1,91	14,85
10	3,45	0,89	1,28	92,93	1,91	15,05
11	3,69	0,83	1,27	93,06	1,93	15,19
12	3,41	0,82	1,27	92,99	1,89	15,21
13	3,53	0,84	1,29	93,05	1,92	15,14
14	3,47	0,82	1,28	92,94	1,90	15,32
15	3,42	0,84	1,19	93,01	1,88	15,38
16	3,72	0,83	1,27	93,02	1,93	15,27
17	3,54	0,84	1,37	93,03	1,94	15,36
18	3,46	0,85	1,30	93,03	1,91	15,41
19	3,45	0,83	1,25	92,96	1,89	15,53
20	3,51	0,82	1,32	93,05	1,92	15,60
21	3,68	0,81	1,23	93,00	1,91	15,55
22	3,57	0,83	1,29	93,04	1,92	15,74
23	3,76	0,79	1,27	92,85	1,93	15,95
24	3,42	0,83	1,22	92,99	1,88	15,96
НІР _{0,05}	0,46	0,09	0,16	2,30	0,23	1,54

Дослідження вмісту в коренеплодах калію засвідчили, що в середньому по досліді цей показник становив 3,53 ммоль/100 г. Додаткові фактори досліді не впливали суттєво на закономірності його формування, оскільки отримані відхилення були в межах помилки досліді. Однак, що важливо, також не спостерігалось погіршення ознаки та істотного зниження якісних характеристик.

Аналогічно за вивчення вмісту натрію в коренеплодах визначено, що в середньому концентрація його була 0,83 ммоль/100 г, а альфа-амінного азоту – 1,28 ммоль/100 г, що відповідає показникам якісної сировини. Додаткові фактори досліді не погіршували ці параметри, а тому їх можна вважати такими, що сприяють формуванню якісних коренеплодів.

Як наслідок, у середньому по досліді отримана чистота соку коренеплодів буряків цукрових була на рівні 93,0 %, що своєю чергою забезпечило втрати цукру в мелясі 1,91 % і середній заводський вихід цукру на рівні 15,24 %.

Отже, в разі застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та обробляння рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) заводський вихід цукру був 15,95 % або ж за застосування мікродобрива Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) – 15,96 %.

Водночас визначено, що застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та обробляння рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га

(ВВСН 18) або ж мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) сприяло отриманню якісних коренеплодів буряків цукрових, придатних для промислового перероблення із забезпеченням високого заводського виходу цукру. За зростання врожайності та збору цукру в результаті дії комплексу факторів мінеральне живлення буряків залишається на оптимальному рівні, що забезпечує отримання високоякісної продукції.

Висновки

Найдієвішим агрозаходом було застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb, що сприяло зростанню врожайності коренеплодів на 12,47 %. Загалом найвищий її рівень отримано за комбінованого внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та оброблення рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) – 79,0 т/га або ж мікродобривом Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) – 78,9 т/га.

Застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) та оброблення рослин регулятором росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) і мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) сприяло формуванню заводського виходу цукру 15,95 % або ж за застосування мікродобрива Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18) – 15,96 %. Що свідчить про те, що зростання врожайності та збору цукру в результаті дії комплексу факторів мінеральне живлення буряків залишається на оптимальному рівні, що забезпечує отримання високоякісної продукції.

Використана література

1. Роїк М. В., Корнєєва М. О. Екологічна стабільність і пластичність перспективних гібридів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2017. № 3. С. 4–8.
2. Kenter C., Hoffmann C. M., 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
3. FAO STAT. Crops statistics. 2020. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
4. Milford G. F. J., Houghton B. J. An analysis of the variation in crown size in sugar-beet (*Beta vulgaris*) grown in England. *Annals of Applied Biology*. 1999. Vol. 134, Iss. 2. P. 225–232. doi: 10.1111/j.1744-7348.1999.tb05258.x
5. Martínez Quesada J. J., Morillo Velarde R., Aguilera García Y., Infante Vázquez J. M. Growth of sugar beet under limited nitrogen conditions. *Sugar Beet Growth and Growth Modelling. Advances in Sugar Beet Research*. Brussels, Belgium : Institut International de Recherches Betteravieres, 2003. Vol. 5. P. 33–45.
6. Schick R. Considerations on the optimal processing capacity of beet sugar factories. *Sugar Industry*. 2020. Vol. 145, Iss. 6. P. 363–379. doi: 10.36961/si24469
7. Kjellström E. Recent and futuresignatures ofclimate change in Europe. *Ambio*. 2004. Vol. 33, Iss. 4/5. P. 193–198. URL: <http://www.jstor.org/stable/4315483>
8. Porter J. R., Leigh R. A., Semenov M. A., Miglietta F. Modelling the effects of climatic change and genetic modification on nitrogen use by wheat. *European Journal of Agronomy*. 1995. Vol. 4, Iss. 4. P. 419–429. doi: 10.1016/S1161-0301(14)80094-4
9. Porter J. R., Semenov M. A. Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2005. Vol. 360, Iss. 1463. P. 2021–2035. doi: 10.1098/rstb.2005.1752
10. Bindi M., Donatelli M., Fibbi L., Stöckle C. O. Estimating the effect of climate change on cropping systems at four European sites. *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems* (Lleida, Spain, June 21–23, 1999). Lleida, 1999. P. 147–148.
11. Supit I., Hooijer A. A., van Diepen C. A. System Description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS, Volume 1: Theory and Algorithms. EUR 15956 EN. Luxembourg : Joint Research Center, Commission of the European Communities, 1994. 180 p.
12. Jones J. W., Keating B. A., Porter C. H. Approaches to modular model development. *Agricultural Systems*. 2001. Vol. 70, Iss. 2–3. P. 421–443. doi: 10.1016/s0308-521x(01)00054-3
13. Цвей Я. П., Присяжнюк О. І., Бондар С. О., Сенчук С. М. Технологічні якості коренеплодів буряків цукрових залежно від удобрення та сівозмін. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Vol. 15, № 1. С. 99–104. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162492
14. Балан В. М., Присяжнюк О. І., Балагура О. В., Карпук Л. М. Рослинництво основних культур. Київ : Твори, 2018. 381 с.
15. Карпук Л. М., Крикунова О. В., Присяжнюк О. І., Поліщук В. В. Моделювання процесів росту та розвитку цукрових буряків залежно від комплексного впливу кліматичних факторів. *Агробіологія*. 2014. Вип. 2. С. 26–29.

16. Tsvei Ya. P., Prysiazhniuk O. I., Horash O. S. et al. Effect of crop rotation and fertilization of sugar beet on the formation of maximum bioethanol yield. *Plant Archives*. 2020. Vol. 20, Iss. 2. P. 268–274. URL: <http://www.plantarchives.org/List%20SI%2020%20SUPP-2,2020.html>
17. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
18. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
19. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.

References

1. Roik, M. V., & Kornieieva, M. O. (2017). Ecological stability and plasticity of promising sugar beet hybrids. *Sugar Beet*, 3, 4–8. [In Ukrainian]
2. Kenter, C., Hoffmann, C. M., & 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
3. *FAO STAT. Crops statistics*. (2020). Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
4. Milford, G. F. J., & Houghton, B. J. (1999). An analysis of the variation in crown size in sugar-beet (*Beta vulgaris*) grown in England. *Annals of Applied Biology*, 134(2), 225–232. doi: 10.1111/j.1744-7348.1999.tb05258.x
5. Martínez Quesada, J. J., Morillo Velarde, R., Aguilera García, Y., & Infante Vázquez, J. M. (2003). Growth of sugar beet under limited nitrogen conditions. In *Sugar Beet Growth and Growth Modelling. Advances in Sugar Beet Research* (Vol. 5, pp. 33–45). Brussels: Institut International de Recherches Betteravieres.
6. Schick, R. (2020). Considerations on the optimal processing capacity of beet sugar factories. *Sugar Industry*, 145(6), 363–379. doi: 10.36961/si24469
7. Kjellström, E. (2004). Recent and Future Signatures of Climate Change in Europe. *Ambio*, 33(4/5), 193–198. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4315483>
8. Porter, J. R., Leigh, R. A., Semenov, M. A., & Miglietta, F. (1995). Modelling the effects of climatic change and genetic modification on nitrogen use by wheat. *European Journal of Agronomy*, 4(4), 419–429. doi: 10.1016/s1161-0301(14)80094-4
9. Porter, J. R., & Semenov, M. A. (2005). Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2021–2035. doi: 10.1098/rstb.2005.1752
10. Bindi, M., Donatelli, M., Fibbi, L., & Stöckle, C. O. (1999). Estimating the effect of climate change on cropping systems at four European sites. In *Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems* (pp. 147–148). Lleida: N.p.
11. Supit, I., Hooijer, A. A., Diepen van, C. A. (1994). *System Description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS, Volume 1: Theory and Algorithms*. EUR 15956 EN. Luxembourg: Joint Research Center, Commission of the European Communities.
12. Jones, J. W., Keating, B. A., & Porter, C. H. (2001). Approaches to modular model development. *Agric. Syst.*, 70(2–3), 421–443. doi: 10.1016/s0308-521x(01)00054-3
13. Tsvei, Ya. P., Prysiazhniuk, O. I., Bondar, S. O., & Senchuk, S. M. (2019). Technological qualities of sugar beet root crops depending on fertilization and crop rotation. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(1), 99–104. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162492 [In Ukrainian]
14. Balan, V. M., Prysiazhniuk, O. I., Balahura, O. V., & Karpuk, L. M. (2018). *Crop production of major crops*. Vinnytsia: Tvory. [In Ukrainian]
15. Karpuk, L. M., Krykunova, O. V., Prysiazhniuk, O. I., & Polishchuk, V. V. (2014). Modeling of sugar beet growth and development processes depending on the complex influence of climatic factors. *Agrobiology*, 2, 26–29. [In Ukrainian]
16. Tsvei, Ya. P., Prysiazhniuk, O. I., Horash, O. S., Klymchuk, O. V., Klymyshena, R. I., & Shudrenko I. V. (2020). Effect of crop rotation and fertilization of sugar beet on the formation of maximum bioethanol yield. *Plant Archives*, 20(2), 268–274. Retrieved from <http://www.plantarchives.org/List%20SI%2020%20SUPP-2,2020.html>
17. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
18. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite*. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [In Ukrainian]
19. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). *Methods of research in sugar beet*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]

UDC 631.547:57.087

Prysiashniuk, O. I.^{1*}, Zaryshniak, A. S.², Sinchenko, V. M.¹, Muzyka, O. V.³, Svystunova, I. V.⁴, Slobodianiuk, V. V.¹, Borysenko, B. M.¹, Lukianchuk, O. V.¹, & Kalatur, K. A. (2022). Patterns of changes in the yield and quality of sugar beet roots under the application of measures increasing tolerance to water deficit in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10(1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385> [In Ukrainian]

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine,*

^{*}*e-mail: ollpris@gmail.com*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovych-Pavlenko St., Kyiv, 01010, Ukraine*

³*Kyiv specialized branch of the Ukrainian Institute for Plant Varieties Examination, 108-A Stavyskanska St., Bila Tserkva, Kyiv region, 09111, Ukraine*

⁴*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine*

Purpose. To establish the yield and quality patterns of sugar beet under the application of measures to increase plant tolerance to water deficit in the conditions of unstable soil water content in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiment was carried out in the zone of unstable soil water content in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine at the experimental field of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (50.023194, 30.173895) in 2014–2018. **Results.** Weather conditions during the years of research varied, and the greatest need of sugar beet plants for water was observed in the period from the closing of the leaves in the row to the closing of the leaves between rows. At the stage of canopy closure (BBCH 30), the lowest soil water content was in the 0–50 cm soil layer in 2017, and the highest in 2014. The rest of the years had close to average indicators of the water content in soil. The use of moisture-retaining polymer provided additional 5 mm soil water accumulation the upper soil layers. **Conclusions.** The most effective agronomic measure was the use of Aquasorb moisture-retaining polymer, which contributed to an increase in the root yield by 12.47%. In general, the highest indicators of the root yield and sugar yield at factory were obtained with the combined application of moisture-retaining polymers Aquasorb (300 kg/ha), concentrate of soil bacteria Mirazonit (20 l/ha), growth regulator Kelpak SC (2 l/ha BBCH14 + 4 l/ha BBCH 18) and microfertiliser Alpha-Grow-Extra Beetroot (3 l/ha BBCH 18) – 79.0 t/ha and 15.95%, respectively. With the application of micro-fertiliser Micro-Mineralis (Beets) (1.5 l/ha BBCH 18), these indicators were 78.9 t/ha and 15.96%, respectively. This indicates that the mineral nutrition of sugar beets remained at the optimal level, ensuring obtaining of high-quality roots.

Keywords: adsorbent; plant growth regulator; micro fertiliser; concentrate of soil bacteria; sugar content of roots; sugar yield.

Надійшла / Received 26.05.2022

Погоджено до друку / Accepted 16.06.2022