

ЕФЕКТИВНІСТЬ КРЕМНІЄВИХ І БОРНИХ МІКРОДОБРИВ У ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

В.В. Іваніна¹, В.М. Гурська²

¹доктор сільськогосподарських наук
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна
e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net; ²vhurska02@gmail.com
ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0009-0007-8970-6278

Надійшла 22.11.2023

Мета. Підвищити продуктивність буряків цукрових, визначити оптимальну дозу кремнієвого мікродобрива за проведення позакореневого підживлення кремнієм і бором. **Методи.** Польовий — для встановлення впливу кремнієвих і борних мікродобрих на врожайність буряків цукрових, цукристість коренеплодів і збір цукру. **Результати.** Наведено результати досліджень щодо впливу позакореневих підживлень кремнієм і бором на врожайність буряків цукрових, цукристість коренеплодів і збір цукру. Доведено, що найвищої продуктивності буряки цукрові досягли за поєднаного внесення кремнієвих і борних мікродобрих у фазах 6–8 та 10–12 листків. Установлено найефективнішу дозу кремнієвого мікродобрива, виявлено вплив кремнію і бору на складові продуктивності буряків цукрових. **Висновки.** За позакореневого підживлення буряків цукрових кремнієвим мікродобривом у фазах 6–8 та 10–12 листків сумарною дозою 0,6–1,4 л/га урожайність коренеплодів підвищилася на 3,2–5,5 т/га порівняно з урожайністю за внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{90}$, цукристість — 0,1–0,2%, збір цукру — на 0,6–1,1 т/га. Зростала ефективність позакореневих підживлень за поєднаного внесення кремнію і бору. За 2-разового підживлення буряків цукрових кремнієвим і борним мікродобривами врожайність коренеплодів підвищилася на 4,5–6,4 т/га порівняно з урожайністю за внесення мінеральних добрив, цукристість — 0,2–0,3%, збір цукру — на 0,9–1,3 т/га. Найвищої продуктивності буряки цукрові досягли за позакореневого внесення кремнію дозою 0,7 л/га та бору дозою 1 кг/га у фазах 6–8 та 10–12 листків по фону $N_{90}P_{60}K_{90}$: урожайність коренеплодів становила 68,3 т/га, збір цукру — 12,7 т/га, що було на 6,4 та 1,3 т/га відповідно вище, ніж за внесення мінеральних добрив. За максимального збору цукру 12,7 т/га, якого досягли з унесенням $N_{90}P_{60}K_{90} + 0,7 Si+B$ (6–8 листків) + 0,7 Si+B (10–12 листків), частка впливу кремнієвих і борних мікродобрих у підвищенні продуктивності становила 28%, частка впливу мінеральних добрив — 72%.

Ключові слова: кремній, бор, урожайність, збір цукру.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-03>

Застосування мікродобрих є невід'ємною частиною сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур [1].

Мікроелементи активують діяльність ферментів, підвищують інтенсивність процесів фотосинтезу, посилюють ріст і розвиток

рослин та підвищують їхню біологічну продуктивність [2, 3].

Використання кремнію в посівах буряків цукрових маловивчене питання. Дослідження, проведені в європейських країнах, свідчать про те, що кремній активує синтез вуглеводів, у зернових культур посилює стійкість стеблостою до вилягання, підвищує резистентність рослин до посухи та їхню біологічну продуктивність [4–6]. За позакореневого підживлення буряків цукрових кремнієм урожайність коренеплодів і збір цукру порівняно з контролем без кремнію підвищилися на 13,7–15,9%, технологічний вихід цукру на заводі — на 12,2–15,6%. Внесення кремнію істотно не впливало на технологічну якість коренеплодів і зумовлювало незначне зниження в них натрію [5].

Досить ефективним у посівах буряків цукрових є застосування борних мікродобрив у позакореновому підживленні [7, 8]. Буряки цукрові досить чутливі до нестачі бору, а оптимізація борного живлення забезпечує їхню високу продуктивність і стабільність урожаїв в умовах посухи [9–11]. Дворазове підживлення бором позитивно впливало на ріст і розвиток буряків цукрових. Істотно підвищилися врожайність і технологічна якість коренеплодів, біологічний збір цукру збільшився на 0,4–0,7 т/га [7]. Максимальної врожайності коренеплодів буряків цукрових і збору цукру досягли за внесення 120–150 мг/га бору по фоні внесення азотних добрив дозою 140 кг/га [8].

Мета досліджень — підвищити продуктивність буряків цукрових, визначити оптимальну дозу кремнієвого мікродобрива за проведення позакоренових підживлень кремнієм і бором.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у 2021–2023 рр. Ґрунт дослідного поля — чорнозем вилугуваний легкосуглинковий, площа посівної ділянки — 100 м², облікової — 50 м², повторність — 4-разова.

Агрохімічна та фізико-хімічна характеристики орного (0–30 см) шару ґрунту: уміст гумусу за Тюрнімом — 4,0%, загального азоту — 0,28%, рухомого фосфору та калію за Чиріковим — відповідно 140 і 75 мг/кг ґрунту,

гідролітична кислотність за Каппеном — 2,2 мг-екв/100 г ґрунту, рН сол — 5,9.

У дослідях сіяли посухостійкий гібрид буряків цукрових Булава. Позакоренево підживлення проводили кремнієвим і борним мікродобривом у фазах 6–8 та 10–12 листків. Кремнієве мікродобриво з умістом кремнію 5–7% вносили одноразовою дозою 0,3–0,7 л/га, борне — з умістом бору 17% — дозою 1,0 кг/га. Мікродобрива вносили по фоні мінеральних добрив — N₉₀P₆₀K₉₀, фосфорні та калійні добрива — з осені під оранку у формі суперфосфату простого гранульованого та калію хлористого, азотні — навесні в передпосівну культивування у формі амонійної селітри.

Агротехніка вирощування буряків цукрових відповідає загальноприйнятій українській інтенсивній технології для зони Лісостепу.

Облік урожаю проводили методом пробних ділянок з наступним зважуванням і перерахунком на площу 1 га. Результати досліджень опрацьовували методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерної програми Statistica.

Результати досліджень. У середньому за 2021–2023 рр. урожайність буряків цукрових на контролі без добрив становила 44,5 т/га з варіюванням за роками досліджень від 42,1 до 47,2 т/га. На мінеральному фоні живлення з дозою добрив N₉₀P₆₀K₉₀ середня врожайність буряків цукрових підвищилася порівняно з контролем без добрив на 17,4 т/га і становила 61,9 т/га (табл. 1).

З проведенням 2-х позакоренових підживлень кремнієвим мікродобривом у фазах 6–8 та 10–12 листків середня врожайність буряків цукрових підвищилася до 65,1–67,4 т/га або на 3,2–5,5 т/га порівняно з унесенням мінеральних добрив. Статистично достовірне підвищення врожайності коренеплодів забезпечила сумарна доза кремнію в позакореновому підживленні 1,0 та 1,4 л/га, тоді як доза 0,6 л/га на врожайність впливала неістотно. Лише в 2022 р. за сумарної дози кремнію 0,6 л/га статистично достовірно підвищилася врожайність буряків цукрових.

За поєднаного внесення кремнію і бору підвищилася ефективність позакоренових

1. Урожайність буряків цукрових за використання кремнієвих і борних мікродобрив (Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН), т/га

Варіант	Рік			Середнє за 2021–2023 рр.
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	42,1	44,1	47,2	44,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ — фон	57,9	63,1	64,6	61,9
Фон + 0,3 Si (6–8 листків) + 0,3 Si (10–12 листків)	60,8	66,7	67,8	65,1
Фон + 0,3 Si+B (6–8 листків) + 0,3 Si+B (10–12 листків)	62,4	67,0	69,7	66,4
Фон + 0,5 Si (6–8 листків) + 0,5 Si (10–12 листків)	62,3	67,2	70,0	66,5
Фон + 0,5 Si+B (6–8 листків) + 0,5 Si+B (10–12 листків)	62,1	68,2	72,0	67,4
Фон + 0,7 Si (6–8 листків) + 0,7 Si (10–12 листків)	62,9	69,1	70,2	67,4
Фон + 0,7 Si+B (6–8 листків) + 0,7 Si+B (10–12 листків)	63,4	70,5	71,0	68,3
НІР ₀₅	3,8	3,6	4,2	3,7
P, %	2,3	2,1	2,8	2,4

Примітка. Одноразова доза внесення кремнію — 0,3–0,7 л/га, бору — 1 кг/га (для табл. 1, 2)

підживлень мікродобривами. З унесенням бору дозою 1,0 кг/га і кремнію сумарною дозою 0,6–1,4 л/га урожайність буряків цукрових у середньому за 2021–2023 рр. збільшилася порівняно з унесенням мінеральних добрив N₉₀P₆₀K₉₀ на 4,5–6,4 т/га і була статистично достовірною.

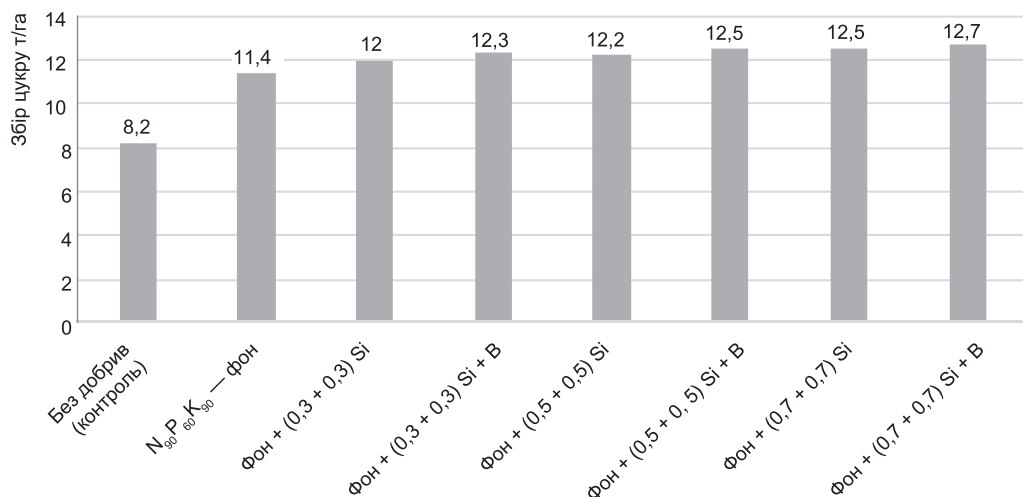
Найвищу врожайність буряків цукрових отримали за внесення позакоренево кремнію дозою 0,7 л/га та бору дозою 1 кг/га у фазі 6–8 листків і повторно у фазі 10–12 листків (68,3 т/га), яка перевищила врожайність за внесення мінеральних добрив на 6,4 т/га, контроль без добрив — на 23,8 т/га.

Застосування мікродобрив у позакоренево підживленні незначною мірою впливало на накопичення цукрів у коренеплодах буряків цукрових. Так, на контролі без добрив цукристість коренеплодів становила 18,4%, за внесення N₉₀P₆₀K₉₀ — 18,3%, за позакоренево підживлення кремнієм — 18,4–18,5%, у поєднанні з кремнієм і бором — 18,5–18,6% (табл. 2).

Найвищого вмісту цукрів у коренеплодах досягли за внесення позакоренево кремнію 0,5 та 0,7 л/га у поєднанні з бором дозою 1 кг/га у фазі 6–8 листків і повторно у фазі 10–12 листків. Цукристість коренеплодів

2. Цукристість коренеплодів буряків цукрових за використання кремнієвих і борних мікродобрив (Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН), %

Варіант	Рік			Середнє за 2021–2023 рр.
	2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	18,2	18,4	18,6	18,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ — Фон	18,1	18,4	18,5	18,3
Фон + 0,3 Si (6–8 листків) + 0,3 Si (10–12 листків)	18,1	18,5	18,6	18,4
Фон + 0,3 Si+B (6–8 листків) + 0,3 Si+B (10–12 листків)	18,3	18,6	18,7	18,5
Фон + 0,5 Si (6–8 листків) + 0,5 Si (10–12 листків)	18,1	18,5	18,6	18,4
Фон + 0,5 Si+B (6–8 листків) + 0,5 Si+B (10–12 листків)	18,2	18,6	18,9	18,6
Фон + 0,7 Si (6–8 листків) + 0,7 Si (10–12 листків)	18,2	18,4	18,8	18,5
Фон + 0,7 Si+B (6–8 листків) + 0,7 Si+B (10–12 листків)	18,3	18,7	18,8	18,6
НІР ₀₅	0,3	0,4	0,4	0,4
P, %	1,9	2,2	2,0	2,1



Збір цукру за використання кремнієвих і борних мікродобрив (Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН), т/га

становила 18,6%, що було вище на 0,3%, ніж за внесення мінеральних добрив.

За роками досліджень найвищу цукристість коренеплодів отримали в 2023 р. за 2-разового внесення кремнію 0,5 л/га та бору — 1 кг/га (18,9%), яка була вищою на 0,4%, ніж за внесення мінеральних добрив.

Найменшим збір цукру в середньому за 2021–2023 рр. був на контролі без добрив — 8,2 т/га. За внесення мінеральних добрив N₉₀P₆₀K₉₀ він становив 11,4 т/га, за проведення позакоренових підживлень кремнієм і бором — 12,0–12,7 т/га (див. табл. 1).

За 2-разового підживлення буряків цук-

рових кремнієм сумарною дозою 0,6 л/га збір цукру підвищився на 0,6 т/га порівняно з варіантом, де вносили мінеральні добрива N₉₀P₆₀K₉₀, дозою 1,0 л/га — 0,8 т/га, дозою 1,4 л/га — на 1,1 т/га, за додаткового 2-разового внесення бору дозою 1,0 кг/га — відповідно на 0,9; 1,1 та 1,3 т/га.

Найефективнішим було внесення позакоренево кремнію дозою 0,7 л/га та бору дозою 1 кг/га у фазі 6–8 листків і повторно у фазі 10–12 листків по фоні N₉₀P₆₀K₉₀. Збір цукру становив 12,7 т/га, що було на 1,3 т/га вище, ніж за внесення мінеральних добрив, і на 4,5 т/га, — ніж на контролі без добрив.

Висновки

За позакоренового підживлення буряків цукрових кремнієвим мікродобривом у фазах 6–8 та 10–12 листків сумарною дозою 0,6–1,4 л/га урожайність коренеплодів підвищилася на 3,2–5,5 т/га порівняно з урожайністю за внесення мінеральних добрив N₉₀P₆₀K₉₀, цукристість — 0,1–0,2%, збір цукру — на 0,6–1,1 т/га.

Ефективність позакоренових підживлень зростала за поєднаного внесення кремнію і бору. За 2-разового підживлення буряків цукрових кремнієвим та борним мікродобривами врожайність коренеплодів підвищилася на 4,5–6,4 т/га порівняно

з урожайністю за внесення мінеральних добрив, цукристість — 0,2–0,3%, збір цукру — на 0,9–1,3 т/га.

Найвищої продуктивності буряки цукрові досягли за позакоренового внесення кремнію дозою 0,7 л/га і бору дозою 1 кг/га у фазах 6–8 та 10–12 листків по фоні N₉₀P₆₀K₉₀. Урожайність коренеплодів становила 68,3 т/га, збір цукру — 12,7 т/га, що було вище на 6,4 та 1,3 т/га відповідно, ніж за внесення мінеральних добрив.

За максимального збору цукру 12,7 т/га,

якого досягли за внесення $N_{90}P_{60}K_{90} + 0,7 Si + B$ (6–8 листків) + $0,7 Si + B$ (10–12 листків), частка впливу кремнієвих і борних

мікродобрив у підвищенні продуктивності становила 28%, частка впливу мінеральних добрив — 72%.

Ivanina V.¹, Hurska V.²

Institute of Bioenergetic Crops and Beetroots of NAAS, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine; e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²vhurska02@gmail.com; ORCID: ¹000000029471114X, ²0009000789706278

The effectiveness of silicon and boron micro-fertilizers in increasing the productivity of sugar beets

Goal. To increase the productivity of sugar beets, determine the optimal dose of silicon micro-fertilizer for foliar fertilizing with silicon and boron. **Methods.** Field — to determine the influence of silicon and boron micro-fertilizers on the yield of sugar beets, sugar content of root crops, and sugar yield. **Results.** The results of research on the effect of foliar fertilizing with silicon and boron on the yield of sugar beets, sugar content of root crops, and sugar yield are given. It was proven that the highest productivity of sugar beet was achieved at the combined application of silicon and boron micro-fertilizers in phases of 6–8 and 10–12 leaves. The most effective dose of silicon micro-fertilizer was established, and the influence of silicon and boron on the components of sugar beet productivity was revealed. **Conclusions.** During foliar feeding of sugar beets with silicon micro-fertilizer in the phases of 6–8 and 10–12 leaves with

a total dose of 0.6–1.4 l/ha, the yield of root crops increased by 3.2–5.5 t/ha compared to the yield with the application of mineral fertilizer N90P60K90, sugar content — 0.1–0.2%, sugar yield — by 0.6–1.1 t/ha. The effectiveness of foliar fertilization increased with the combined application of silicon and boron. During the 2-time feeding of sugar beets with silicon and boron micro-fertilizers, the yield of root crops increased by 4.5–6.4 t/ha compared to the yield with the application of mineral fertilizers, sugar content — 0.2–0.3%, sugar yield — by 0.9–1.3 t/ha. The highest productivity of sugar beet was achieved with foliar application of silicon at a dose of 0.7 l/ha and boron at a dose of 1 kg/ha in phases of 6–8 and 10–12 leaves on the $N_{90}P_{60}K_{90}$ background: root crop yield was 68.3 t/ha, sugar yield — 12.7 t/ha, which was 6.4 and 1.3 t/ha, respectively, higher than when mineral fertilizers were applied. At the maximum sugar collection of 12.7 t/ha, which was achieved with the application of $N_{90}P_{60}K_{90} + 0.7 Si + B$ (6–8 leaves) + $0.7 Si + B$ (10–12 leaves), the share of silicon and boron micro-fertilizers in the increase in productivity was 28%, the share of influence of mineral fertilizers was 72%.

Key words: silicon, boron, productivity, sugar yield.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202402-03>

Бібліографія

1. Заришняк А.С., Жердецький І.М. Позакореневе внесення мікроелементів у формі комплексонатів металів на культурі цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2007. № 3. С. 18–20.
2. Жердецький І.М. Позакореневе внесення мікродобрив як спосіб підвищення продуктивності цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2008. № 3, 4. С. 35–37.
3. Жердецький І.М., Ступенко О.В. Ефективне позакореневе підживлення цукрових буряків. *Пропозиція*. 2010. № 6. С. 68–74.
4. Artyszak A., Kondracka M., Gozdowski D. et al. Impact of Foliar Application of Various Forms of Silicon on the Chemical Composition of Sugar Beet Plants. *Sugar Tech*. 2021. 23. P. 541–559. doi: 10.1007/s12355-020-00918-8
5. Artyszak A., Gozdowski D., Kucinska K. The effect of silicon foliar fertilization in sugar beet — *Beta vulgaris* (L.) ssp. *vulgaris* conv. *crassa* (Alef.) prov. *altissima* (Döll). *Turkish J. Of Field Crops*. 2015. 20(1). P. 115–119. doi: 10.17557/190799
6. Kowalska J., Tyburski J., Jakubowska M., Krzyminska J. Effect of Different Forms of Silicon on Growth of Spring Wheat Cultivated in Organic Farming System. *Silicon*. 2021. 13. P. 211–217.

doi: 10.1007/s12633-020-00414-4

7. Kandil E.E., Abdelsalam N.R., Abd El Aziz A.A. et al. Efficacy of nanofertilizer, fulvic acid and boron fertilizer on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality. *Sugar Tech*. 2020. 22. P. 782–791. doi: 10.1007/s12355-020-00837-8
8. Mekdad A.A.A. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. *International J. of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015. 4(4). P. 181–196.
9. Gupta U., Solanki H. Impact of boron deficiency on plant growth. Review article. *International J. of Bioassays*. 2013. 2(7). P. 1048–1050.
10. Dewdar M.D.H., Abbas M.S., Gaber E.I., Abd El-Aleem H.A.E. Influence of time addition and rates of boron foliar application on growth, quality and yield traits of sugar beet. *International J. of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2015. 4(2). P. 231–238.
11. Gobarah M.E., Tawfik M.M., Zaghloul S.M., Amin G.A. Effect of combined application of different micronutrients on productivity and quality of sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). *International J. of Plant and Soil Science*. 2014. 3(6). P. 589–598. doi: 10.9734/IJPSS/2014/8193