

УДК 631.81.620.952

Вплив традиційних та біоадаптивних систем удобрення на енергетичну ефективність вирощування буряків цукрових

Р. М. Шаповаленко

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: roma0620@gmail.com

Мета. Вивчити вплив мінеральних добрив, альтернативних органічних добрив та засобів інтенсифікації на енергетичну ефективність технології вирощування буряків цукрових. **Методи.** Польовий, аналітичний і статистичний. **Результати.** Наведено результати досліджень щодо впливу мінеральної та альтернативних органо-мінеральних з елементами інтенсифікації систем удобрення на енергетичну ефективність вирощування буряків цукрових в умовах нестійкого зволоження на чорноземі вилугуваному середньосуглинковому. Установлено, що поєднане застосування мінеральних добрив, соломи пшениці озимої та елементів інтенсифікації (мікродобрив та регулятора росту) забезпечило максимальну енергоємність врожаю буряків цукрових і супроводжувалось зниженням коефіцієнта енергетичної ефективності (*K_{ee}*). **Висновки.** Гібрид Ромул за вирощування на природному фоні родючості та за застосування добрив визначено енергетично ефективнішим порівняно з гібридом Злука. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності отримали на контролі без добрив: у гібрида Ромул – 6,8, Злука – 6,4. Внесення 5 т/га соломи + N₅₀ зберігало високу енергетичну ефективність агротехнології: *K_{ee}* порівняно з контролем контролю без добрив зменшився незначно – на 0,1–0,2. Внесення мінеральних добрив істотно підвищило енергоємність врожаю буряків цукрових, але знижувало енергетичну ефективність агротехнології. За дози добрив N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ енергія врожаю порівняно з контролем без добрив зростає у гібрида Ромул – на 104 ГДж/га, Злука – на 102 ГДж/га, за абсолютних величин 297 та 275 ГДж/га і супроводжувалась зменшенням коефіцієнта енергетичної ефективності на 1,5–1,6. Застосування у позакореневе підживлення хелатного мікродобрива Максимус та регулятора росту «НаноМінераліс» визначено ефективним заходом підвищення енергетичної ефективності за вирощування буряків цукрових на мінеральному та органо-мінеральному фонах удобрення. Найвищою енергетичної ефективності досягнуто за внесення N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ + Максимус + «НаноМінераліс» в агроценозі гібрида Ромул: енергія врожаю – 319 ГДж/га, енерговитрати – 59,3 ГДж/га, *K_{ee}* – 5,6.

Ключові слова: добрива; біологізація; буряки цукрові; енергетична ефективність.

Вступ

Енергоресурси є основою будь-якого виробництва, а тому шлях до раціонального їх використання – це шлях до впровадження ефективних, екологічно стабільних та безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Буряки цукрові є найбільш енерговитратною культурою. Управління енергетичними потоками в технології їх вирощування відкриває додаткові можливості для виробників до раціонального і ефективного ведення господарства [1].

Показником, який дозволяє оцінити енергетичну ефективність агротехнології є коефіцієнт енергетичної ефективності. Його розраховують за співвідношенням енергії врожаю до понесених енергетичних витрат [2].

Оцінки проведені рядом вчених свідчать, що ефективним заходом підвищення енергетичної ефективності агротехнології вирощування буряків цукрових та інших сільськогосподарських культур є раціональне і ефективне застосування добрив. За високої

віддачі від внесення добрив істотно зменшуються енерговитрати на отримання одиниці врожаю, при цьому виробництво стає менш енерговитратним і більш ефективним [3–5].

Добрива – це найефективніший засіб регулювання енергетичного балансу. Оптимізація системи удобрення такої високо витратної культури, як буряки цукрові дозволяє істотно заощадити енергоресурси і сприяє значно зростанню їх енергетичної продуктивності [6–8].

Агрохімічним засобом, який не потребує значних енергетичних витрат, стабілізує енергетичний баланс ґрунту та сприяє значному підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур є застосування на добриво побічної продукції. Сьогодні, коли виробництво гною скоротилось більш, ніж у десять разів, застосування під буряки цукрові соломи пшениці озимої (попередника цієї культури) дозволяє за мінімальних витрат досягти стабільності енергії ґрунту та значно підвищити енергетичну ефективність їх вирощування [9, 10].

Мета досліджень – вивчити вплив мінеральних добрив, альтернативних органічних добрив та засобів інтенсифікації системи удобрення на енергетичну ефективність технології вирощування буряків цукрових.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в умовах тимчасового польового дослідження Білоцерківської дослідно-селекційної станції упродовж 2017–2019 рр. Площа посівної ділянки становить 75 м², облікової – 50 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне, повторність чотириразова.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем вилугуваний середньосуглинковий, який має наступну агрохімічну та фізико-хімічну характеристику орного (0–30 см) шару: гідролітична кислотність за Каппеном – 1,71–1,80 смоль/кг ґрунту; загальний вміст гумусу за Тюрнімом – 3,6–3,8 %; рухомого фосфору та калію за Чириковим – відповідно 153–170 та 64–78 мг/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту за Корнфілдом – 110–115 мг/кг ґрунту.

Під буряки цукрові вносили мінеральні добрива N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀, поєднано 5 т/га соломи пшениці озимої + N₅₀ + N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ та проводили позакореневі підживлення хелатним мікродобривом Максимус, 4 кг/га та регулятором росту «НаноМінераліс». Ґрунтове внесення добрив здійснювали з осені під глибоку оранку у шар 0–30 см: азот у формі амонійної селітри, фосфор – суперфосфату простого гранульованого, калій – хлористого калію. Гібриди буряків цукрових Ромул та Злука (вітчизняна селекція). Агротехніка вирощування загальноприйнята для даної зони.

Енергетичну ефективність вирощування буряків цукрових розраховували за методикою О. К. Медведовського [2]. Оцінку агротехнологій проводили за коефіцієнтом енергетичної ефективності (*K_{ee}*).

Результати досліджень

Результати досліджень показали, що вирощування буряків цукрових без внесення добрив забезпечило енергію врожаю у гібрида Ромул 193 ГДж/га, енерговитрати 28,3 ГДж/га, *K_{ee}* – 6,8; гібрида Злука – відповідно 171 ГДж/га, 26,5 ГДж/га та 6,4. Гібрид Ромул на фоні природної родючості ґрунту визначено більш енергетично ефективним порівняно з гібридом Злука, що досягалось за рахунок формування вищої енергії врожаю і супроводжувалось збільшенням *K_{ee}* на 0,4 одиниці (табл.).

За вирощування гібридів буряків цукрових на органічному фоні удобрення (5 т/га соломи + компенсаційна доза азоту N₅₀) енергоємність врожаю підвищилась порівняно з контролем без добрив у гібрида Ромул підвищилась на 26 ГДж/га, енерговитрати – на 4,6 ГДж/га; гібрида Злука – відповідно на 20 та 4,3 ГДж/га. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнології зменшився на 0,1–0,2 за абсолютної величини у гібрида Ромул – 6,7, Злука – 6,2.

Енергетична ефективність вирощування буряків цукрових значно знижувалась за застосування мінеральних добрив. Внесення дози добрив N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ підвищило

енергоємність врожаю – на 102–104 ГДж/га порівняно з контролем без добрив і супроводжувалось зростанням енерговитрат – на 29,0–29,4 ГДж/га. На фоні зростання обох складових енергетичного балансу коефіцієнт енергетичної ефективності порівняно з контролем без добрив зменшився на 1,5–1,6 одиниць за абсолютної величини K_{ee} у гібрида Ромул – 5,2, Злука – 4,9. На фоні мінеральної системи удобрення гібрид Ромул зберігав значно вищу енергетичну ефективність технології його вирощування порівняно з гібридом Злука з перевагою K_{ee} – на 0,3 одиниці.

Таблиця

Енергетична ефективність вирощування буряків цукрових за різних систем удобрення (середнє за 2017–2019 рр.)

№ вар.	Гібрид (фактор А)	Фон (фактор Б)	Внесено добрив (фактор В)	Енергоємність врожаю, ГДж/га	Енерговитрати на 1 га, ГДж/га	K_{ee}
1	Злука	Без добрив	Без добрив (контроль)	171	26,5	6,4
2			$N_{100}P_{100}K_{100}$	273	55,5	4,9
3			$N_{100}P_{100}K_{100} + M$	288	56,1	5,1
4			$N_{100}P_{100}K_{100} + M + PP$	307	56,6	5,4
5		5 т/га соломи + N_{50}	Без добрив (контроль)	191	30,8	6,2
6			$N_{100}P_{100}K_{100}$	315	61,7	5,1
7			$N_{100}P_{100}K_{100} + M$	327	62,3	5,3
8			$N_{100}P_{100}K_{100} + M + PP$	346	63,0	5,5
9	Ромул	Без добрив	Без добрив (контроль)	193	28,3	6,8
10			$N_{100}P_{100}K_{100}$	297	57,7	5,2
11			$N_{100}P_{100}K_{100} + M$	319	58,5	5,4
12			$N_{100}P_{100}K_{100} + M + PP$	330	59,3	5,6
13		5 т/га соломи + N_{50}	Без добрив (контроль)	219	32,9	6,7
14			$N_{100}P_{100}K_{100}$	311	61,2	5,1
15			$N_{100}P_{100}K_{100} + M$	330	62,4	5,3
16			$N_{100}P_{100}K_{100} + M + PP$	339	62,7	5,4

Примітка: N_{50} (компенсаційне) – вносять за заробляння у ґрунт соломи пшениці озимої; МД – хелатне мікродобриво Максимус, 4 кг/га вносять позакоренево двічі: у фазі змикання листків у рядку та міжряддях; PP – регулятор росту «НаноМінераліс» вносять позакоренево (змикання листків у рядку).

Енергетично ефективним за вирощування обох гібридів визначено застосування мінеральних добрив на фоні соломи пшениці озимої. За внесення 5 т/га соломи + N_{50} + $N_{100}P_{100}K_{100}$ енергоємність врожаю у гібрида Ромул становила 311 Дж/га, енерговитрати – 61,2 ГДж/га, K_{ee} – 5,1; гібрида Злука – відповідно 315 ГДж/га, 61,7 ГДж/га та 5,1. Порівняно з внесенням мінеральних добрив K_{ee} у гібрида Злука підвищився – на 0,2, гібрида Ромул незначно зменшився на 0,1. Зазначена система удобрення поповнювала ґрунт органічною речовиною і, тим самим, сприяла його енергетичній стабільності.

Високої енергетичної ефективності досягнуто за застосування у позакореневе підживлення хелатного мікродобрива Максимус. Зазначений засіб інтенсифікації істотно підвищив енергоємність врожаю на фоні незначного зростання енерговитрат. За внесення Максимус на фоні $N_{100}P_{100}K_{100}$ енергія врожаю вирощуваних гібридів підвищилась на 15–22 ГДж/га, на фоні 5 т/га соломи + N_{50} + $N_{100}P_{100}K_{100}$ – на 12–19 ГДж/га за зростання енерговитрат в межах 0,6–1,2 ГДж/га. Мікродобриво підвищило коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнології на 0,2 одиниці. За внесення $N_{100}P_{100}K_{100}$ + Максимус гібрид Ромул визначено енергетично ефективнішим, ніж гібрид Злука: K_{ee} – відповідно 5,4 та 5,1. За органо-мінерального фону (5 т/га соломи + N_{50} + $N_{100}P_{100}K_{100}$ + Максимус) їх енергетична ефективність була однаковою за K_{ee} – 5,3.

Найвищої енергетичної ефективності досягали за позакореневого підживлення буряків цукрових хелатним мікродобривом Максимус поєднано з регулятором росту «АгроМінераліс» на фоні основного внесення добрив – *Kee* в межах 5,4–5,6. При цьому найвищу енергетичну віддачу від внесення добрив отримали за вирощування гібрида Ромул на фоні $N_{100}P_{100}K_{100}$ + Максимус + регулятор росту «НаноМінераліс»: енергія врожаю – 319 ГДж/га, енерговитрати – 59,3 ГДж/га, *Kee* – 5,6.

Висновки

Гібрид Ромул за вирощування на природному фоні родючості визначено енергетично ефективнішим порівняно з гібридом Злука: енергія врожаю – 193 ГДж/га, енерговитрати – 28,3 ГДж/га, *Kee* – 6,8 з перевагою за коефіцієнтом енергетичної ефективності на 0,4 одиниці.

Енергетичну стабільність вирощування буряків цукрових забезпечили органічні фони удобрення. За внесення 5 т/га соломи + N_{50} коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування гібрида Ромул становив 6,7, Злука – 6,2, що незначно менше контролю без добрив – відповідно на 0,1 і 0,2.

Ефективним заходом підвищення енергоємності врожаю буряків цукрових визначено застосування мінеральних добрив. За дози добрив $N_{100}P_{100}K_{100}$ енергія врожаю порівняно з контролем без добрив зростає у гібрида Ромул – на 104 ГДж/га, Злука – на 102 ГДж/га, за абсолютних величин 297 та 275 ГДж/га. При цьому мінеральні добрива підвищили енерговитрати порівняно з контролем без добрив на 29,0–29,4 ГДж/га і зменшили коефіцієнт енергетичної ефективності на 1,5–1,6 одиниць.

Застосування у позакореневе підживлення хелатного мікродобрива Максимус та регулятора росту «НаноМінераліс» визначено ефективним заходом підвищення енергетичної ефективності за вирощування буряків цукрових на мінеральному та органо-мінеральному фонах удобрення. Позакореневі підживлення істотно підвищили енергоємність врожаю буряків цукрових на фоні незначного зростання енерговитрат. Найвищої енергетичної ефективності досягали за їх внесення на фоні мінеральної системи удобрення ($N_{100}P_{100}K_{100}$ + Максимус + «НаноМінераліс»): енергія врожаю – 319 ГДж/га, енерговитрати – 59,3 ГДж/га, *Kee* – 5,6.

Використана література

1. Іваніна В. В., Павук І. А. Економічна та енергетична ефективність вирощування буряків цукрових за альтернативних систем удобрення. *Збірник наукових праць ІБКЦБ*. 2017. Вип. 25. С. 41–48.
2. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 205 с.
3. Цвей Я. П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційних сівозмін. *Збірник наукових праць ІБКЦБ*. 2011. Вип. 12. С. 46–55.
4. Іваніна В. В. Енергетична ефективність агротехнологій в різноротаційних сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 6. С. 5–11.
5. Mehlhart G., Bakas I., Herczeg M., Strosser P., Rynikiewicz C., Agenais A., Bergmann T., Mottschall M., Köhler A., Antony F., Bilsen V., Greeven S., Debergh P., Hay D. Study on the Energy Saving Potential of Increasing Resource Efficiency. *Final Report, Study prepared for the European Commission, Directorate General Environment*. Brussels. 2016.
6. Jokiniemi T., Mikkola H., Rossner H., Talgre L., Lauringson E., Hovi M., Ahokas J. Energy savings in plant production. *Agronomy Research Biosystem Engineering*. 2012. Special Iss. 1. 85–96.
7. Сінченко В. М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного базису. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 11. С. 14–17.
8. Бука А. Я., Друженко А. В. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобержному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 3. С. 13–15.

9. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.
10. Woods J., Williams A., Hughes J. K., Black M., Murphy R. Energy and the food system. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2010. 27. 365(1554). P. 2991–3006. doi: 10.1098/rstb.2010.0172

References

1. Ivanina, V. V., & Pavuk, I. A. (2017). Economic and energy efficiency of sugar beet cultivation under alternative fertilizer systems. *Zbirnyk naukovykh prats IBKTSB* [Collection of Scientific Papers of the IBCSB], 25, 41–48. [in Ukrainian]
2. Medvedevskiy, O. K., & Ivanenko, P. I. (1988). *Energetychnyi analiz intensyvnnykh tekhnologii v silskogospodarskomu vyrobnytsvi* [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Harvest. [in Ukrainian]
3. Tsvey, Ya. P. (2011). Bioenergetic evaluation of productivity of rotational rotations. *Zbirnyk naukovykh prats IBKTSB* [Collection of Scientific Papers of the IBCSB], 12, 46–55. [in Ukrainian].
4. Ivanina, V. V. (2016). Energy efficiency of agrotechnologies in different crop rotations. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of agrarian science], 6, 5–11. [in Ukrainian]
5. Mehlhart, G., Bakas, I., Herczeg, M., Strosser, P., Rynikiewicz, C., Agenais, A., ... Hay, D. (2016). Study on the Energy Saving Potential of Increasing Resource Efficiency. *Final Report, Study prepared for the European Commission, Directorate General Environment*. Brussels. http://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/final_report.pdf
6. Jokiniemi, T., Mikkola, H., Rossner, H., Talgre, L., Lauringson, E., Hovi, M., & Ahokas, J. (2012). Energy savings in plant production. *Agronomy Research Biosystem Engineering*, 1, 85–96.
7. Sinchenko, V. M. (2004). Efficiency of modern agriculture on the basis of its energy basis. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of agrarian science], 11, 14–17. [in Ukrainian].
8. Buka, A. Ya., & Druzhchenko, A. V. (2002). Energy estimation of fertilizer application in the Left-bank Forest Steppe. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of agrarian science], 3, 13–15. [in Ukrainian]
9. Poliovyi, V. M. (2007). *Optymizatsia system udobrennia v suchasnomu zemlerobstvi*. [Optimization of fertilizer systems in modern agriculture]. Rivne: Volyn Charms. [in Ukrainian].
10. Woods, J., Williams, A., Hughes, J. K., Black, M., & Murphy, R. (2010). Energy and the food system. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 27, 365(1554), 2991–3006. doi: 10.1098/rstb.2010.0172

УДК 631.81.620.952

Шаповаленко Р. М. Влияние традиционных и биоадаптивных систем удобрення на энергетическую эффективность выращивания сахарной свеклы // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 93–98.

Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: roma0620@gmail.com

Цель. Изучить влияние минеральных удобрений, альтернативных органических удобрений и средств интенсификации системы удобрення на энергетическую эффективность технологии выращивания сахарной свеклы. **Методы.** Полевой, аналитический и статистический. **Результаты.** Приведены результаты исследований влияния минеральной и альтернативных органоминеральных с элементами интенсификации систем удобрення на энергетическую эффективность выращивания сахарной свеклы в условиях неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном среднесуглинистом. Установлено, что совместное применение минеральных удобрений, соломы пшеницы озимой и элементов интенсификации (микроудобрений и регулятора роста) обеспечило максимальную энергоёмкость урожая сахарной свеклы и сопровождалось снижением коэффициента энергетической эффективности (*K_{ee}*). **Выводы.** Гибрид Ромул при выращивании на природном фоне плодородия и при применении удобрений определено энергетически более

ефективним по сравнению с гибридом Злука. Максимальный коэффициент энергетической эффективности получили на контроле без удобрений: у гибрида Ромул – 6,8, Злука – 6,4. Внесение 5 т/га соломы + N₅₀ сохраняло высокую энергетическую эффективность агротехнологии: *Kee* по сравнению с контролем без удобрений уменьшился незначительно – на 0,1–0,2. Внесение минеральных удобрений существенно повысило энергоёмкость урожая сахарной свеклы, но снижало энергетическую эффективность. При дозе удобрений N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ энергия урожая по сравнению с контролем без удобрений выросла в гибрида Ромул – на 104 ГДж/га, Злука – на 102 ГДж/га, при абсолютных величинах 297 и 275 ГДж/га и сопровождалась уменьшением коэффициента энергетической эффективности на 1,5–1,6. Применение во внекорневую подкормку хелатного микроудобрения Максимум и регулятора роста «НаноМінераліс» определено эффективной мерой повышения энергетической эффективности при выращивании сахарной свеклы на минеральном и органико-минеральном фонах удобрения. Наиболее высокой энергетической эффективности достигнуто при внесении N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ + Максимум + «НаноМінераліс» в агроценозах гибрида Ромул: энергия урожая – 319 ГДж/га, энергетические затраты – 59,3 ГДж/га, *Kee* – 5,6.

Ключевые слова: удобрения; биологизация; сахарная свекла; энергетическая эффективность.

UDC 631.81.620.952

Shapovalenko, R. M. (2019). The influence of traditional and bioadaptive fertilizer systems on energy efficiency of sugar beet cultivation. *Nauk. pracì Īnst. біоенерг. кул'т. цукров. буряків* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 93–98. [in Ukrainian]

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: roma0620@gmail.com

Purpose. To study the effect of mineral fertilizers, alternative organic fertilizers and intensification of fertilizer system on the energy efficiency of sugar beet growing technology. **Methods.** Field, analytical and statistical. **Results.** The results of studies on the influence of mineral and alternative with elements of intensification organic-mineral fertilizer systems on the energy efficiency of sugar beet cultivation under conditions of unstable moistening on the medium-loam leached black soil are presented. It was found that the combined application of mineral fertilizers, winter wheat straw and intensification elements (microfertilizers and growth regulator) provided the maximum energy capacity of sugar beet yield and was accompanied by a decrease in energy efficiency (*Kee*). **Conclusions.** The Romul hybrid has been found to be more energy efficient than the Zluka hybrid for growing both on a natural fertility background and for applying fertilizers. The maximum coefficient of energy efficiency was obtained in the control without fertilizers: for the Romul hybrid – 6.8, Zluka – 6.4. The application of 5 t/ha of straw + N₅₀ maintained the high energy efficiency of agricultural technology: *Kee* decreased slightly by 0.1–0.2 compared to control without fertilize. The application of mineral fertilizers significantly increased the energy capacity of the sugar beet crop, but reduced the energy efficiency of agricultural technology. For fertilizer doses of N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀, the energy capacity of the crop compared to the control without fertilizers increased for the Romul hybrid – by 104 GJ/ha, Zluka – by 102 GJ/ha, by absolute values of 297 and 275 GJ/ha, and was accompanied by a decrease in the energy efficiency coefficient by 1.5–1.6. The application of chelate microfertilizer Maximus and growth regulator “NanoMineralis” to the foliar feeding was determined to be an effective measure of increasing energy efficiency of sugar beets growing on mineral and organic-mineral fertilizer backgrounds. The highest energy efficiency was achieved with applying N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ + Maximus + “NanoMineralis” for the Romulus agroecosis: yield energy – 319 GJ/ha, energy consumption – 59.3 GJ/ha, *Kee* – 5.6.

Keywords: fertilizers; biologization; sugar beet; energy efficiency.

Надійшла / Received 12.09.2019

Погоджено до друку / Accepted 08.10.2019