

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА КОМПОСТУ З ГНОЮ ВРХ

О.М. Жукорський

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН,
академік-секретар Відділення зоотехнії
Національна академія аграрних наук України (м. Київ, Україна)
e-mail: o_zhukorskiy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5381-8517>

Є.М. Кривохижа

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інституту агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: ye.krivokhyzha@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7270-6529>

С.О. Мазур

кандидат сільськогосподарських наук
Інституту агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: mazurlanana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5025-0134>

Н.П. Болтик

кандидат сільськогосподарських наук
Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН
(м. Тернопіль, Україна)
e-mail: boltiknatalia@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7378-7735>

Органічні добрива — джерело необхідних для сільськогосподарських рослин макро-, мікроелементів і вуглекислого газу. Завдяки їх поступовій мінералізації поживні речовини надходять до рослин протягом усього періоду вегетації. У виробництві, зокрема, органічних добрив головним чинником, що визначає прибутковість є ефективне використання енергії. Визначено, що під час виробництва компосту та вермикомпосту з гною ВРХ більшою мірою використовується енергія дизельного палива — 98,3%. Незначний відсоток займає енергії працівників (1,7%). Встановлено, що під час виробництва компосту з гною ВРХ витрати енергії, зокрема людської і дизельного палива, становлять $0,39 \pm 0,08$ МДж/кг. Найбільш енергозатратними виробничими процесами є перемішування компосту та поливання його водою, на які витрачається $0,17 \pm 0,05$ МДж/кг. Менш енергозатратні: транспортування гною та формування буртів ($0,06 \pm 0,01$ МДж/кг); заправка ємності водою та її транспортування ($0,07 \pm 0,01$ МДж/кг); накриття бурту, просушування й пакування компосту ($0,11 \pm 0,02$ МДж/кг). Під час підготовки 1 кг субстрату з гною ВРХ для подальшого вермикультивування витрати енергії (людської й дизельного палива) становлять $0,16 \pm 0,04$ МДж. За процесу вермикультивування витрати енергії становлять $0,41 \pm 0,08$ МДж/кг. Під час вермикомпостування найбільше енергії витрачається на перемішування буртів та поливання їх водою — $0,23 \pm 0,07$ МДж/кг. Менш енергозатратними є такі виробничі процеси як: формування вермилож та заселення їх вермикультурою ($0,07 \pm 0,01$ МДж/кг); відділення черв'яків від вермикомпосту і просушування біогумусу ($0,07 \pm 0,01$ МДж/кг); накриття бурту й пакування біогумусу ($0,05 \pm 0,1$ МДж/кг). За виробництва 1 кг вермикомпосту витрати енергії становлять $0,57 \pm 0,12$ МДж, вартістю $0,87 \pm 0,12$ грн. Під час виробництва органічних добрив шляхом компостування витрати енергії зменшуються в середньому на 31,6%, а її вартість — на 26,4%.

Ключові слова: компостування, вермикомпост, органічні добрива, біогумус, дощові черв'яки.

ВСТУП

Основним показником родючості ґрунту є вміст у ньому гумусу, втрати якого виникають унаслідок вирощування рослин. Підтримування позитивного або хоча б збалансованого балансу гумусу в ґрунті є одним із основних заходів належного ведення сільського господарства [1].

Для цього використовують переважно органічні добрива [2].

Використання органічних добрив під час вирощування сільськогосподарських культур забезпечує їх високу врожайність, що є важливим елементом виробництва продуктів харчування [3].

Під час виробництва добрив, зокрема органічних, витрачається велика кількість енергії (електричної, дизельного палива та природного газу) [4; 5]. Верховною Радою України прийнято за основу проект Закону «Про енергетичну ефективність», який визначає правові, економічні та організаційні засади відносин, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії [6]. З огляду на це визначення енергоефективності, отримання органічних добрив із гною ВРХ шляхом компостування є одним із важливих завдань.

Мета статті — провести аналіз енергоефективності виробництва компосту і вермикомпосту з гною ВРХ.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ефективне використання енергії є однією з основних вимог сталого розвитку сільського господарства [7; 8]. Питання щодо зниження енергоємності під час виробництва сільськогосподарської продукції [9–11] та визначення енергетичної ефективності застосування мінеральних і органічних добрив за вирощування різних агрокультур [12–14] висвітлено в дослідженнях низки вчених. Однак у науковій літературі досить мало уваги приділяють визначенню енергоефективності виробництва органічних добрив із відходів тваринництва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використано загальнонаукові методи, зокрема: комплексної оцінки (витрат часу й енергії під час виробництва компосту з гною ВРХ), аналізу і синтезу (при визначенні енергоефективності виробництва компосту і вермикомпосту) і теоретичного узагальнення (для формулювання висновків).

Матеріалами дослідження слугували дані технічної інформації, наукової літератури з технологій компостування [15–18] і вермикомпостування [19–21] гною ВРХ, відомості інтернету та результати власних досліджень. Енергоефективність отримання органічних добрив із відходів тваринництва визначено за методом прямих витрат енергії [14; 22; 23].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для здійснення більш глибокого та комплексного аналізу енергоефективності виробництва компосту з гною ВРХ визначено витрати часу та енергії під час його компостування (табл. 1).

З'ясовано, що енергоефективність виробництва компосту з гною ВРХ становить $0,39 \pm 0,08$ МДж/кг. Під час виробництва 1 т компосту в середньому витрачається $7,0 \pm 1,6$ л дизельного палива з енергетичною цінністю $384,2 \pm 78,6$ МДж і вартістю ($7,0 \pm 1,6$ л \times 27,9 грн = $195,3 \pm 44,6$ грн) $195,3 \pm 44,6$ грн, а також $6,3 \pm$

Таблиця 1

Витрати часу та енергії під час виробництва 1 т компосту

№ з/п	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв	Витрати пального (дизель), л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд.-год	МДж	
1	Транспортування гною та формування буртів	16,0–22,0	1,0–1,4	47,7–66,8	0,6–0,9	0,8–1,1	48,5–67,9
2	Заправка ємності водою та її транспортування	20,3–29,0	1,2–1,7	57,3–81,1	0,4–0,5	0,5–0,6	57,8–81,7
3	Перемішування компосту та поливання його водою	45,0–80,0	2,4–4,3	114,5–205,1	0,3–0,6	0,4–0,8	114,9–205,9
4	Накриття бурту	17,5–23,0	—	—	0,3–0,4	0,4–0,5	0,4–0,5
5	Просушування компосту	15,0–20,0	0,9–1,2	43,0–57,3	0,6–0,8	0,8–1,0	43,8–58,3
6	Пакування	57,0–63,0	0,8–1,1	43,0–52,5	4,1–4,4	3,7–4,0	46,7–56,5
Усього		170,8–237,0	6,3–9,7	305,5–462,8	6,3–7,6	6,6–8,0	312,1–470,8
Відсоток виду енергії		—	—	98,1	—	1,9	100

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

$\pm 0,6$ людино-годин ($6,3 \pm 0,6 \times 60$ грн = 378 ± 36 грн) з оплатою 378 ± 36 грн. Загальна вартість енергії (людської й дизельного палива) під час виробництва 1 т компосту становить $573,3 \pm 80,6$ грн.

Вміст енергії у гноєві ВРХ становить 245–920 МДж/т [34]. Для отримання 1 т компосту використовується 1,4–1,6 т гною з вмістом енергії 770–880 МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тонни компосту з гною ВРХ складають 1161,5–1271,5 МДж.

Проведено аналіз енергоефективності вермикомпостування гною ВРХ та визначено передусім витрати часу та енергії під час підготовки субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту (табл. 2).

Встановлено, що енергоефективність підготовки субстрату з гною ВРХ для подальшого вермикомпостування становить $0,16 \pm 0,04$ МДж/кг. Під час підготовки 1 т субстрату в середньому витрачається $3,3 \pm 0,8$ л дизельного палива з енергетичною цінністю $155,2 \pm 35,8$ МДж і вартістю ($3,3 \pm 0,8$ л \times 27,9 грн = $92,1 \pm 22,3$ грн) $92,1 \pm 22,3$ грн, а також $1,4 \pm 0,3$ людино-годин ($1,4 \pm 0,3 \times 60$ грн = 84 ± 18 грн) з оплатою 84 ± 18 грн. Загальна вартість енергії (людської й дизельного палива) під час виробництва 1 т підготовки субстрату для його подальшого вермикомпостування становить $176,1 \pm 40,3$ грн.

Визначено витрати часу та енергії під час вермикюльтивування попередньо підготовленого субстрату для виробництва вермикомпосту (табл. 3).

Енергоефективність процесу вермикюльтивування складає $0,41 \pm 0,08$ МДж/кг. Під час

вермикюльтивування 1 т субстрату в середньому витрачається $8,5 \pm 1,7$ л дизельного палива з енергетичною цінністю $403,2 \pm 78,7$ МДж і вартістю ($8,5 \pm 1,7 \times 27,9$ грн = $237,2 \pm 47,4$ грн) $237,2 \pm 47,4$ грн, а також $7,7 \pm 0,6$ людино-годин ($7,7 \pm 0,6 \times 60$ грн = 462 ± 36 грн) з оплатою 462 ± 36 грн. Загальна вартість енергії (людської й дизельного палива) під час вермикюльтивування 1 т субстрату становить $699,2 \pm 83,4$ грн.

Отже, енергоефективність виробництва вермикомпосту складає $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг, а загальна вартість енергії (людської й дизельного палива) становить $875,3 \pm 123,7$ грн.

Для отримання 1 т вермикомпосту використовується 1,3–1,4 т гною ВРХ із вмістом енергії 757,3–815,5 МДж. Загальні витрати енергії під час одержання тони вермикомпосту складають $1168,5 \pm 1226,7$ МДж.

Визначено вартість енергії, яка витрачається на виробництво 1 кг органічних добрив із гною ВРХ (табл. 4).

Під час виробництва органічних добрив із гною ВРХ шляхом компостування та вермикомпостування використовується переважно енергія дизельного палива, а також меншою мірою енергія працівників. За виробництва вермикомпосту витрати енергії становлять $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг. Під час виробництва органічних добрив шляхом компостування витрати енергії зменшуються в середньому на 31,6%.

Доведено, що вартість енергії виробництва 1 кг органічних добрив шляхом компостування становить $0,57 \pm 0,08$ грн. За виробництва вермикомпосту вартість витраченої енергії дорожча на 34,5%.

Таблиця 2

Витрати часу та енергії під час підготовки субстрату для виробництва 1 т вермикомпосту

№ з/п	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв	Витрати пального (дизель), л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд.-год	МДж	
1	Транспортування гною та формування буртів	15,0–20,6	0,9–1,3	43,0–62,0	0,6–0,8	0,8–1,0	43,8–63,0
2	Заправка ємності водою та її транспортування	17,6–28,8	0,5–0,8	23,9–38,2	0,2–0,3	0,2–0,3	24,1–38,5
3	Перемішування буртів та поливання їх водою	39,1–69,4	1,1–1,9	52,5–90,7	0,1–0,3	0,2–0,3	52,7–91,0
4	Накриття бурту	7,6–10,0	—	—	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3
Усього		79,3–128,8	2,5–4,0	119,4–190,9	1,1–1,7	1,4–1,9	120,8–192,8
Відсоток виду енергії		—	—	98,9	—	1,1	100

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 3

Витрати часу та енергії під час вермикюльтивування 1 т субстрату

№ з/п	Вид виробничого процесу	Час виробничого процесу, хв	Витрати пального (дизель), л	Енергія палива, МДж	Енергія працівників		Загальна енергія, МДж
					люд.-год	МДж	
1	Формування вермилож та заселення їх вермикультурою	19,2–25,6	1,2–1,5	57,3–71,6	0,8–1,0	1,0–1,3	58,3–72,9
2	Заправка ємності водою та її транспортування	39,2–64,0	1,2–1,9	57,3–90,7	0,4–0,5	0,5–0,6	57,8–91,3
3	Перемішування буртів та поливання їх водою	86,9–154,6	2,3–4,1	109,7–195,6	0,3–0,5	0,4–0,8	110,1–196,4
4	Накриття бурту	16,9–22,3	—	—	0,5–0,7	0,4–0,6	0,4–0,6
5	Відділення черв'яків від вермикопосту і просушування біогумусу	20,6–27,5	1,3–1,6	62,0–76,3	0,9–1,1	1,1–1,4	63,1–77,7
6	Пакування	58,6–61,7	0,8–1,0	38,2–47,7	4,2–4,4	3,8–4,0	42,0–51,7
Усього		241,4–355,7	6,8–10,1	324,5–481,9	7,1–8,2	7,2–8,7	331,7–490,6
Відсоток виду енергії		—	—	98,1	—	1,9	100

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Таблиця 4

Вартість енергії виробництва органічних добрив з гною ВРХ, грн/кг

№ з/п	Технологія одержання органічних добрив	Витрати енергії та її вартість					
		дизельного палива		працівників		усього	
		МДж	грн	МДж	грн	МДж	грн
1	Компостування	0,306–0,463	0,176–0,271	0,007–0,008	0,378–0,456	0,313–0,471	0,554–0,727
2	Вермикопостування	0,444–0,673	0,259–0,393	0,009–0,011	0,492–0,594	0,453–0,684	0,751–0,987

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

ВИСНОВКИ

Під час компостування і вермикопостування гною ВРХ витрати енергії становлять $0,39 \pm 0,08$ МДж/кг та $0,57 \pm 0,12$ МДж/кг відповідно. Найбільш енергозатратними виробничими процесами є перемішування буртів та поли-

вання їх водою, на які витрачається 17,8% загальних витрат енергії за компостування і 39,7% під час вермикопостування. Вартість енергії виробництва компосту складає $0,57 \pm 0,08$ грн/кг. За вермикопостування її вартість збільшується в 1,5 раза.

ЛІТЕРАТУРА

- Kuś J., Krasowicz S. Przyrodniczo-organizacyjne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych. *Pamiętnik Puławski*. 2001. Z. 124. s. 273–288.
- Maćkowiak Cz. Słoma jako nawóz w gospodarstwie bezinwentarzowym. *Więś Jutra*. 1998. № 5. S. 46–48.
- Zhang M., Yao Y., Tian Y., Ceng K., Zhao M., Zhao M., Yin B. Increasing yield and N use efficiency with organic fertilizer in Chinese intensive rice cropping systems. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 227. P. 102–109.
- Gellings C.W., Parmenter K.E. Energy efficiency in fertilizers production and use. In *Efficient Use and Conservation of Energy. Encyclopedia of Life Support Systems / ed. C.W. Gellings*. Oxford: UK, UNESCO Publications, 2016. Vol. II. P. 123–136.

5. Жуковский О.М., Кривохижа С.М., Болтик Н.П. Визначення енергоефективності отримання органічних добрив із відходів тваринництва шляхом термічного сушіння. *Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 20–21 жовтня 2021 р.). Київ: ДІА, 2021. С. 54–56.
6. Про енергетичну ефективність: проект Закону від 15 грудня 2020 р. № 4507. 66 с.
7. López-Vázquez A., Cadena-Zapata M., Campos-Magaña S., Zermeño-Gonzalez A., Mendez-Dorado M. Comparison of Energy Used and Effects on Bulk Density and Yield by Tillage Systems in a Semiarid Condition of Mexico. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, Iss. 4. Article 189. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9040189>.
8. Ilyas H.M.A., Safa M., Bailey A., Rauf S., Khan A. Energy Efficiency Outlook of New Zealand Dairy Farming Systems: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. *Energies*. 2020, Vol. 13, Iss. 1. Article 251. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13010251>.
9. Boltianska N.I., Manita I.Y., Komar A.S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Інженерія природокористування*. 2021. № 1 (19). P. 7–12.
10. Wu S., Ding S. Efficiency improvement, structural change, and energy intensity reduction: Evidence from Chinese agricultural sector. *Energy Economics*. 2021. Vol. 99. Article 105313. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105313>.
11. Wu J., Ge Z., Han S., Xing L., Zhu M., Zhang J., Liu J. Impacts of agricultural industrial agglomeration on China's agricultural energy efficiency: A spatial econometrics analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 260. Article 121011. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121011>.
12. Moitzi G., Neugschwandtner R.W., Kaul H.P. Energy Efficiency of Continuous Rye, Rotational Rye and Barley in Different Fertilization Systems in a Long-Term Field Experiment. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 2. Article 229. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020229>.
13. Panayotova G., Kostadinova S., Velinov I. Energy efficiency of nitrogen fertilization in durum wheat and sorghum grains. *Proceedings of CBU in Natural Sciences and ICT*. 2020. Vol. 1. P. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.12955/pns.v1.126>.
14. Dimitrijević A., Gavrilović M., Ivanovic S.M. et al. Energy Use and Economic Analysis of Fertilizer Use in Wheat and Sugar Beet Production in Serbia. *Energies*. 2020. Vol. 13, Iss. 9. P. 1–12. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2361> (дата звернення: 20.01.2021).
15. Кришталь О. Результати випробувань перемішувача компосту VK-3000 під час прискореного біо-термічного компостування гною. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2020. Вип. 27 (41). С. 132–141.
16. Бессонова Е.С. Технология приготовления компостных удобрений. Перспективы развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции, г. Уфа, 20 марта 2014 г. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 27–30.
17. Кольга Д.Ф., Васько А.С. Переработка навоза в экологически безопасные органические удобрения: монография. Минск: БГАТУ, 2017. 126 с.
18. Павленко С.І. Виробничі випробування технології механізованого компостування органічних відходів з використанням аератора-змішувача. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація* : збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. 2018. Вип. 31. С. 28–39.
19. Паламанюк А.О., Дмитренко К.О., Левчук В.Л., Ковальчук М. Р., Хоменко Т.П. Вермикомпостування як спосіб переробки органічних відходів. Сільське господарство сьогодення : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених, збірник 1 (м. Житомир, 25 вересня 2019 р.). Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 127–128.
20. Chanu L.J., Hazarika S., Choudhury B.U. et al. A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects. Extension Bulletin (Meghalay: ICAR Research Complex for NEH Region). 2018. № 81. 30 p.
21. Сенчук М.М. Обґрунтування енергоефективної технології виробництва біогумусу. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 150–158.
22. Гаврильчик Н.С., Соколов Г.А. Агроэкологические и энергетические преимущества производства и использования комплексных гранулированных удобрений на основе торфа. Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сборник научных статей Международной научно-практической конференции в 4 ч. (Брест, 23–25 апреля 2014 г.). Брест : БрГТУ, 2014. Ч. 1. С. 50–54.
23. Методология и методика энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. Москва: Российский государственный аграрный университет; МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. 21 с.

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF PRODUCTION OF COMPOST FROM MANURE OF CATTLE

Zhukorskyi O.

Doctor of Agricultural Science, Professor, Academician of NAAS
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: o_zhukorskiy@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5381-8517>

Kryvokhyzha Ye.

Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: ye.kryvokhyzha@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7270-6529>

Mazur S.

Candidate of Agricultural Sciences
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: mazurlanalana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5025-0134>

Boltik N.

Candidate of Agricultural Sciences, Director
Ternopil Research Station of the Institute of Veterinary Medicine of NAAS (Ternopil, Ukraine)
boltiknatalia@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7378-7735>

Organic fertilizer is a source of necessary for agricultural plants macro-, microelements and carbon dioxide. Due to their gradual mineralization nutrients enter the plants during the whole period of vegetation. In the production, in particular organic fertilizers, the main factor determining profitability is the effective use of energy. The aim of the work was carry out analysis of energy efficiency of production of compost and vermicompost from manure of cattle. Research materials was data of technical information, scientific literature for technologies of composting and vermicomposting manure of cattle, Internet information and the results of own research. Energy efficiency of producing organic fertilizer from animal waste was determined by the method of direct cost of energy. It was determined that at the production of compost and vermicompost from manure of cattle, to a great degree, using energy of diesel fuel (98.3%). A small percentage is occupied by energy of workers (1.7%). It is established, that at the production of compost from manure of cattle consumption of energy, in particular diesel fuel and human accounts for 0.39 ± 0.08 MJ/kg. The most energy-intensive production processes are mixing of compost and watering his water, which is spent 0.17 ± 0.05 MJ/kg. Less energy-intensive: transporting of manure and formation of stacks (0.06 ± 0.01 MJ/kg); filling a container with water and its transporting (0.07 ± 0.01 MJ/kg); covering of stacks, drying and packing of compost (0.11 ± 0.02 MJ/kg). When preparing of 1 kg of substrate from manure of cattle for later vermiculture consumption of energy (diesel fuel and human) amounted to 0.16 ± 0.04 MJ. During the process of vermiculture, consumption of energy amounted to 0.41 ± 0.08 MJ/kg. During vermicomposting, more energy is spent on mixing of stacks and watering their water 0.23 ± 0.07 MJ/kg. Less energy-intensive such production processes as: formation of vermi bed and colonization of their vermiculture (0.07 ± 0.01 MJ/kg); separating of worms from vermicompost and drying of biohumus (0.07 ± 0.01 MJ/kg); covering of stacks and packing of biohumus (0.05 ± 0.1 MJ/kg). At the production of 1 kg of vermicompost, consumption of energy amounted to 0.57 ± 0.12 MJ, worth 0.87 ± 0.12 UAH. At the production of organic fertilizers through composting, consumption of energy is reduced of an average of 31.6% and its cost by 26.4%.

Keywords: composting, vermicompost, organic fertilizers, biohumus, earthworms.

REFERENCES

- Kuś, J., Krasowicz, S. (2001). Przyrodniczo-organizacyjne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych. *Pamiętnik Puławski*, 124, 273–288 [in Polish].
- Maćkowiak, Cz. (1998). Słoma jako nawóz w gospodarstwie bezinwentarzowym. *Więś Jutra*, 5, 46–48 [in Polish].
- Zhang, M., Yao, Y., Tian, Y., Ceng, K., Zhao, M., Zhao, M. & Yin, B. (2018). Increasing yield and N use efficiency with organic fertilizer in Chinese intensive rice cropping systems. *Field Crops Research*, 227, 102–109 [in English].
- Gellings, C.W. (Ed.) & Parmenter, K.E. (2016). Energy efficiency in fertilizers production and use. In Efficient Use and Conservation of Energy. *Encyclopedia of Life Support Systems*. Oxford: UK, UNESCO Publications [in English].
- Zhukorskyi, O.M., Kryvokhyzha, Ye.M., & Boltyk, N.P. (2021). Vyznachennia enerhoefektyvnosti otrymannia orhanichnykh dobryv iz vidkhodiv tvarynnytstva shliakhom termichnoho sushinnia [Determination of energy efficiency of receipt of organic fertilizers from farm animal waste by thermal drying]. Balanced environmental management: traditions, perspectives and innovations: *Materialy Mizhnarodnoi nauko-praktychnoi konferentsii (20–21 zhovtnia 2021 r.) – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (pp. 54–56). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
- Pro enerhetychnu efektyvnist : proekt Zakonu № 4507 vid 15 hrudnia 2020 r. [On energy efficiency: Draft law № 4507 from 15th December, 2020]. (2020). [in Ukrainian].
- López-Vázquez, A., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S., Zermeño-Gonzalez, A. & Mendez-Dorado, M. (2019). Comparison of Energy Used and Effects on Bulk Density and Yield by Tillage Systems in a Semiarid Condition of Mexico. *Agronomy*, 9 (4), 189, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9040189> [in English].

8. Ilyas, H.M.A., Safa, M., Bailey, A., Rauf, S. & Khan, A. (2020). Energy Efficiency Outlook of New Zealand Dairy Farming Systems: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. *Energies*, 13 (1), 251, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13010251> [in English].
9. Boltianska, N.I., Manita, I.Y. & Komar, A.S. (2021). Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*, 1 (19), 7–12 [in English].
10. Wu, S. & Ding, S. (2021). Efficiency improvement, structural change, and energy intensity reduction: Evidence from Chinese agricultural sector. *Energy Economics*, 99, 105313, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105313> [in English].
11. Wu, J., Ge, Z., Han, S., Xing, L., Zhu, M., Zhang, J. & Liu, J. (2020). Impacts of agricultural industrial agglomeration on China's agricultural energy efficiency: A spatial econometrics analysis. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121011, 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121011> [in English].
12. Moitzi, G., Neugschwandtner, R.W. & Kaul, H.P. (2021). Energy Efficiency of Continuous Rye, Rotational Rye and Barley in Different Fertilization Systems in a Long-Term Field Experiment. *Agronomy*, 11 (2), 229, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020229> [in English].
13. Panayotova, G., Kostadinova, S. & Velinov, I. (2020). Energy efficiency of nitrogen fertilization in durum wheat and sorghum grains. *Proceedings of CBU in Natural Sciences and ICT*, 1, 78–84. DOI: <https://doi.org/10.12955/pns.v1.126> [in English].
14. Dimitrijević, A., Gavrilović, M., Ivanovic, S.M. et al. (2020). Energy Use and Economic Analysis of Fertilizer Use in Wheat and Sugar Beet Production in Serbia. *Energies*, 13 (9), 1–12. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2361> [in English].
15. Kryshal, O. (2020). Rezultaty vyprobuvannia peremishuvacha kompostu VK-3000 pid chas pryskorenogo biotermichnogo kompostuvannia hnoiu [Results of VK-3000 compost mixer tests during accelerated biothermal manure composting]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy: zb. nauk. pr. — Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for Ukrainian agriculture: collection of scientific articles*, 27 (41), 132–141 [in Ukrainian].
16. Bessonova, Ye.S. (2014). Tekhnologiya prigotovleniya kompostnykh udobreniy [Technology of preparation of compost fertilizers]. *Perspektivy razvitiya nauki: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20 marta 2014 g) — Prospects for the development of science: a collection of articles of the International scientific and practical conference* (pp. 27–30). Ufa: RITs BashGU [in Russian].
17. Kolga, D.F. & Vasko, A.S. (2017). *Pererabotka navoza v ekologicheski bezopasnye organicheskie udobreniya: monografiya [Processing of manure into environmentally friendly organic fertilizers: monograph]*. Minsk: BGATU. [in Russian].
18. Pavlenko, S.I. (2018). Vyrobnychi vyprobuvannia tekhnologii mekhanizovanoho kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv z vykorystanniam aeratora-zmishuvacha [Industrial Testing OF Technology Mechanized Composition of Organic Wastes With the Use of Aerator-Mixernull]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnogo universytetu — Engineering in agricultural production, industry engineering, automation: collection of scientific works of Kirovohrad National Technical University*, 31, 28–39 [in Ukrainian].
19. Palamaniuk, A.O., Dmytrenko, K.O., Levchuk, V.L., Kovalchuk, M. R. & Khomenko, T.P. (2019). Vermikompostuvannia, yak sposib pererobky orhanichnykh vidkhodiv [Vermicomposting as a method of processing organic wastes]. *Silske hospodarstvo sohodennia: zbirnyk tez dopovidei Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh, zbirnyk 1 (25 veresnia 2019 r.) — Today's agriculture: a collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers, doctoral students, graduate students and young scientists, collection 1* (pp. 127–128). Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian].
20. Chanu, L.J., Hazarika, S., Choudhury, B.U. et al. (2018). A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects. *Extension Bulletin* (Meghalay: ICAR Research Complex for NEH Region), No 81 [in English].
21. Senchuk, M.M. (2018). Obruntuvannia enerhoefektyvnoi tekhnologii vyrobnytstva biohumusu [Substantiation of energy efficient technology of biohumus manufacturing]. *Ahrobiologhiia — Agrobology*, 1, 150–158 [in Ukrainian].
22. Gavrilchik, N.S., Sokolov, G.A. (2014). Agroekologicheskie i energeticheskie preimushchestva proizvodstva i ispolzovaniya kompleksnykh granulirovannykh udobreniy na osnove torfa [Agroecological and energy advantages of the production and use of complex granular fertilizers based on peat]. *Aktualnye nauchno-tekhnicheskie i ekologicheskie problemy sokhraneniya sredy obitaniya : sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 4 ch. (23–25 aprelya 2014 g.) — The actual scientific-technical and ecological problems of habitat conservation: collection of scientific articles of the International scientifically-practical conference in 4 parts* (pp. 50–54). Brest: BrGTU [in Russian].
23. *Metodologiya i metodika energeticheskoy otsenki agrotekhnologiy v agrolandshaftakh [Methodology and methodology of energy assessment of agricultural technologies in agricultural landscapes]*. (2007). Moskva: Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet; MSKhA im. K.A. Timiryazeva [in Russian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Жукорський Остап Мирославович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, академік-секретар Відділення зоотехнії, Національна академія аграрних наук України (вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, Україна, 01010; e-mail: o_zhukorskiy@ukr.net, роб. тел.: (044) 521 9285, моб. тел. +380677595411; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5381-8517>)

Кривохижа Євген Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник лабораторії екології тваринництва, Інститут агро-екології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: ye.kryvokhyzha@ukr.net; моб. тел. +380973223553; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7270-6529>)

Мазур Світлана Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, вчений секретар, Інститут агро-екології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: mazurlanalana@gmail.com; моб. тел. +380968523001; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5025-0134>)

Болтик Наталія Петрівна, кандидат сільськогосподарських наук, директор Тернопільської дослідної станції Інституту ветеринарної медицини НААН (вул. Тролейбусна, 12, м. Тернопіль, Україна, 46027; e-mail: boltiknatalia@gmail.com; +380676609528; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7378-7735>)

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

На Тернопільщині через падіння уламків ворожої крилатої ракети пошкоджено 6 резервуарів з органічними добривами, відбувся витік хімікатів. Повідомляється, що відбулося також забруднення води у річці Іква. Жителям населених пунктів поблизу річки рекомендовано обмежити вживання води з криниць. У населені пункти доставляють питну воду.