
THEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE



A. V. Volosheniuk¹

S. G. Chornyy²✉ Dr. Sci. (Agri.), Professor

UDK 631.417.2, 631.51.01

¹ *Institute of irrigated agriculture of NAAS of Ukraine,
Tavruchanka, 74862, Kahovka region,
Kherson Oblast, Ukraine*

² *Mykolayiv National Agrarian University,
Paryska Komuna str., 9, 54020, Mykolayiv, Ukraine*

ECOLOGY-ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGY GROWING AGRICULTURAL CROPS IN SOUTH STEPPE CONDITIONS

Abstract. During 2011–2013 years in a stationary field experiment on southern chernozem of Askaniya State Agricultural Experimental Station (Institute of irrigated agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (the Kahovka regions of Kherson Oblast) a comparative analysis of changes in the energy capacity of the soil in relation to anthropogenic energy costs of different technologies growing crops was made.

Calculations on four fields, each of which is treated by the three different technologies or soil processing: a) traditional (with turning of layer of the soil on crops of peas and sorghum and processing without soil layer turn in versions with mustard and wheat's), b) minimum processing of the soil (surface tillage or «mini-till») and no-till (or so-called «direct sowing») were carried out.

A research was conducted in four field crop rotation: winter (spring-sown) wheat, sorghum, mustard.

There was a positive energy balance for all technologies growing crops (when it was saved up by the energy soil more than it is lost) on fields № 1 and № 3, and negative on fields № 2 and № 4. In the case of a positive balance, the amount of stored energy in the soil under different technologies varies 6,5–18,9 GJ/ha. By negative balance energy losses are ground 21,7–37,2 GJ/ha.

The use of no-till technology reduces soil energy capacity in comparison by traditional soil processing on 3,36 GJ, which is associated with a significant reduction in crop yields and reduction of organic matter coming from plant remains it was established. The coefficient of energy efficiency technologies (ratio of energy capacity crop to the total harvest human energy is spent in agricultural landscapes in growing each crops) for all years of observation has a positive value (field № 1 and № 3), and negative (field № 2 and № 4). In the first case, its value is 0,13–0,51, the second –0,69–0,44. The highest rate was observed in the traditional technology growing crops, the lowest – for no-till technology.

The total change in the energy capacity of the soil under the different agricultural technologies for all years of observations shows that the least environmental and energy efficiency in all cultures showed no-till. Based on the above data, it can be argued that the properties of no-till technology

✉ Tel.: +38097-449-35-87. E-mail: s.g.chornyy@gmail.com

DOI: 10.15421/041416

which declared (reducing losses from soil erosion, improve physical and chemical properties of the soil, etc.) do not provide any benefits to which the energy balance of the soil, and, moreover, adversely affecting its energy potential.

Direct seeding also has a lower environmental and energy efficiency compared to conventional and minimum tillage technology. All this is due to a decrease in productivity, leading to a decrease in soil joining the main source of energy soil – plant residues.

Between ecology-energy and energy valuation of technologies growing crops on all versions of research there is a direct correlation – the higher the energy efficiency of technologies growing crops the better its ecology-energy indicators, due to the size of the annual energy investments, which are proportional values of vegetable remains. In turn vegetable remains depend on crop yields and energy density of anthropogenic origin.

Keywords: soil, tillage, no-till, ecology-energy efficiency.

УДК 631.417.2, 631.51.01

А. В. Волошенко¹

С. Г. Черный²

д-р с.-х. наук, проф.

¹*Институт орошаемого земледелия НААН Украины,
с. Тарвичанка, Каховский р-н, Херсонская обл., 74862, Украина*

²*Николаевский национальный аграрный университет,
ул. Парижской Коммуны, г. Николаев, 54020, Украина,
тел.: +38097-449-35-87, e-mail: s.g.chornyuy@gmail.com*

ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ

В статье приведены результаты сравнительного анализа изменения энергии почвы по отношению к энергетическим антропогенным затратам при разных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур в течении 2011–2013 гг. Определено, что использование технологии no-till уменьшает энергетический потенциал почвы относительно традиционной обработки на 3,36 ГДж. Также технология no-till приводит к снижению коэффициента эколого-энергетической эффективности на 10–30 %. Между эколого-энергетической и энергетической эффективностью технологий выращивания сельскохозяйственных культур по всем вариантам исследованной существует прямая зависимость – чем выше энергетическая эффективность технологии выращивания определенной культуры, тем лучше ее эколого-энергетические показатели.

Ключевые слова: почва, технология обработки, no-till, энергетическая эффективность.

УДК 631.417.2, 631.51.01

А. В. Волошенко¹

С. Г. Чорний²

д-р с.-г. наук, проф.

*Институт зрошувального землеробства НААН України,
с. Тавричанка, Каховський р-н, Херсонська обл., 74862, Україна*

*Миколаївський національний аграрний університет,
вул. Паризької Комуні, м. Миколаїв, 54020, Україна,
тел.: +38097-449-35-87, e-mail: s.g.chornyuy@gmail.com*

ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ

В статті наведено результати порівняльного аналізу зміни енергії ґрунту по відношенню до енергетичних антропогенних витрат за різних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур впродовж 2011–2013 рр. Встановлено, що використання технології no-till зменшує енергетичний потенціал ґрунту відносно традиційного обробітку на 3,36 ГДж. Також технологія no-till призводить до зниження коефіцієнту еколого-енергетичної ефективності на 10–30 %. Між еколого-енергетичною та енергетичною ефективністю технологій вирощування сільськогосподарських культур за всіма варіантами досліджень існує

пряма залежність – чим вища енергетична ефективність технології вирощування певної культури тим кращі її еколого-енергетичні показники.

Ключові слова: ґрунт, технологія обробітку, no-till, енергетична ефективність.

ВСТУП

Енергія, як відомо, є спроможністю виконувати роботу. В природному степовому ландшафті фундаментальне значення має той факт, що кількість спожитої енергії завжди менша або дорівнює кількості енергії, яка входить ззовні. Тобто, при функціонуванні природних ландшафтів існує додатковий або нульовий енергетичний баланс. Створення штучних агроландшафтів призводить до повної трансформації вхідних і вихідних її складових. Агроландшафту, як правило, притаманний від'ємний баланс природної енергії, що пов'язано з вилученням частини енергії з врожаєм, а тому для більш-менш успішного існування цих систем необхідні додаткові енергетичні інвестиції (Chornyy, 2004).

Ефективність таких інвестицій визначається відношенням енергії отриманого врожаю до привнесеної енергії антропогенного походження (коефіцієнт енергетичної ефективності – K_{ee}). В той же час, при таких розрахунках не враховується екологічний, зокрема, ґрунто-охоронний ефект технологій вирощування сільськогосподарських культур. А тому, на наш погляд, цей показник повинен доповнюватися ще одним параметром – коефіцієнтом еколого-енергетичної ефективності (K_{eee}), що є відношенням зміни енергетичної ємності ґрунту за певний час до антропогенних енергетичних витрат за цей же період (Chornyy, 2004). Завдяки такому показнику можна визначити направленість еколого-енергетичних процесів в агроландшафті, виходячи з тези, що зміни стану ґрунту є головним показником «екологічності» технологій.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися на чорноземах південних Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України (с. Тавричанка, Каховського р-ну, Херсонської обл.) в рамках стаціонарного польового дослідю.

Розрахунки проводилися на чотирьох полях, кожне з яких оброблялося за трьома різними технологіями: традиційною (з обертанням скиби на посівах гороху та сорго або безполицевий у варіантах з гірчицею та пшеницями), мінімальною (поверхневий обробіток ґрунту або mini-till) та no-till (або так звана «пряма сівба»). Сівозміна чотирипольна: горох → озима (яра) пшениця → сорго → гірчиця.

При застосуванні технології No-till не передбачалося механічного порушення структури ґрунту окрім сівби, яка проводилась сівалкою Great Plains CPN 2000, з міжряддями 19 см на посівах озимої пшениці, гороху, 38 см при вирощуванні сорго. Гірчиця ж висівалася сівалкою прямого висіву «Клен 6» з міжряддям 12,5 см. У варіанті з мінімальним обробітком ґрунту на дослідних ділянках проводилося лушення стерні попередника на глибину 6–8 см. Повторність дослідю трикратна, розміри ділянок – 840 м².

Зміна енергетичної ємності ґрунту (ΔE_{Γ}) визначалася за рівнянням (Chornyy, 2004):

$$\Delta E_{\Gamma} = B_{\Gamma} \cdot E, \quad (1)$$

де B_{Γ} – баланс гумусу, кг/га, E – енергоємність гумусу, Дж/кг. Баланс гумусу, визначається як (Balyuk et al., 2011):

$$B_{\Gamma} = \Gamma_{PO} - \Gamma_M - \Gamma_E, \quad (2)$$

де: Γ_{PO} – щорічний прихід гумусу з рослинними рештками т/га, Γ_M – щорічна мінералізація гумусу, Γ_E – щорічні втрати гумусу з вітровою ерозією.

При визначенні коефіцієнту еколого-енергетичної ефективності (K_{eee}) керувалися наступною формулою (Chornyy, 2004)

$$K_{eee} = \Delta E_G / \Sigma E_A, \quad (3)$$

де ΔE_G – щорічний енергетичний баланс ґрунту Дж/га, ΣE_A – сумарна антропогенна енергія, яка витрачена в агроландшафті при вирощуванні певної культури, Дж/га. Останній показник, в свою чергу, визначався за допомогою наступного рівняння (Tarariko et al., 2005; Tarariko, 2007):

$$\Sigma E_A = E_{LP} + E_P + E_E + E_{NB} + E_T, \quad (4)$$

де: E_{LP} – енергетичні витрати людської праці, Дж/га, E_P – енергоємність пального, Дж/га, E_E – енергоємність електроенергії, Дж/га, E_{NB} – енергетичний еквівалент непрямих витрат, Дж/га, E_T – енергоємність сільськогосподарської техніки, Дж/га.

Коефіцієнт енергетичної ефективності технології, як відомо, розраховується за формулою (Tarariko et al., 2005; Tarariko, 2007):

$$K_{ee} = E_y / \Sigma E_A, \quad (5)$$

де E_y – енергетична ємність врожаю, Дж/га, ΣE_A – сумарна антропогенна енергія, яка витрачена в агроландшафті при вирощуванні певної культури, Дж/га.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Трьохрічні дані щодо впливу технологій обробітку ґрунту на його енергетичний потенціал подані в таблиці 1. Згідно отриманих результатів, можна спостерігати як позитивний енергетичний баланс (перевагу накопиченої енергії ґрунтом над її втратами) на полі № 1 та № 3, так і негативний на полях № 2 та № 4 за всіх технологій обробітку. У випадку з позитивним балансом, кількість накопиченої енергії в ґрунті за різних технологій коливається в межах 6,5–18,9 ГДж/га. За негативного балансу втрати енергії ґрунтом становлять 21,7–37,2 ГДж/га. Присутня тенденція щодо зниження енергоємності ґрунту при використанні технології прямої сівби, що пов'язано із суттєвим зниженням урожайності сільськогосподарських культур, а, значить, і зменшення приходу органічної речовини, що призведе до деградації енергетичного потенціалу ґрунту.

Показник еколого-енергетичної ефективності технологій представлено в таблиці 2. В залежності від поля коефіцієнт еколого-енергетичної ефективності (K_{eee}) за всі роки спостережень має як позитивне значення (поля № 1 та № 3), так і негативне (поля № 2 та № 4). Як і у варіантах із зміною енергетичної ємності ґрунту при вирощуванні гороху, гірчиці та сорго в 2012 році спостерігається негативна тенденція, а при вирощуванні озимої та ярової пшениці та сорго позитивна. У варіантах з полями № 1 та № 3 коефіцієнт еколого-енергетичної ефективності становив 0,13–0,51, у другому випадку він був на рівні –0,69–0,44. Найвищий показник відзначався на варіантах з традиційним обробітком, найнижчий – за технологією no-till.

Сумарна зміна енергетичної ємності ґрунту при застосуванні різних агротехнологій за всі роки спостережень свідчить, що найменшу еколого-енергетичну ефективність на всіх культурах показав no-till. Так, залежно від поля, порівняно з технологією прямої сівби, коефіцієнт еколого-енергетичної ефективності (K_{eee}) за мінімального обробітку був вищий на 0–0,16, а за традиційного – на 0,05–0,14. На основі вищезазначених даних, можна стверджувати, що властивості технології no-till, які декларуються (зниження втрат ґрунту від ерозії, покращення фізичних та хімічних властивостей ґрунту тощо) не дають жодних переваг для енергетичного балансу ґрунту, і, більш того, негативно впливають на його енергопотенціал. Також технологія прямої сівби має нижчу еколого-енергетичну ефективність у порівнянні з традиційною та мінімальною технологією обробки

Таблиця 1

№ поля	2011				2012				2013				Загальний баланс енергії за три роки, МДж/га
	Культира	Обробіток	Баланс, т/га	Баланс енергії, МДж/га	Культира	Обробіток	Баланс, т/га	Баланс енергії, МДж/га	Культира	Обробіток	Баланс, т/га	Баланс енергії, МДж/га	
1	Горох	No-till	-0,50	-9474	Яра пшениця	No-till	0,52	9876	Сорго	No-till	0,37	6883	7286
		Мімі-тілл	-0,46	-8713		Мімі-тілл	0,19	3502		Мімі-тілл	0,62	11738	
		Традиційний	-0,45	-8439		Традиційний	0,18	3459		Традиційний	0,79	14795	
2	Сорго	No-till	0,72	13568	Гричя	No-till	-1,02	-19158	Горох	No-till	-0,89	-16805	-22395
		Мімі-тілл	0,92	17286		Мімі-тілл	-1,28	-24121		Мімі-тілл	-0,79	-14836	
		Традиційний	0,88	16579		Традиційний	-1,18	-22161		Традиційний	-0,88	-16540	
3	Озима пшениця	No-till	2,13	40049	Сорго	No-till	-0,56	-10543	Гричя	No-till	-0,83	-15704	13802
		Мімі-тілл	2,42	45557		Мімі-тілл	-0,59	-11080		Мімі-тілл	-0,84	-15789	
		Традиційний	2,47	46566		Традиційний	-0,60	-11220		Традиційний	-0,87	-16452	
4	Гричя	No-till	-0,91	-17182	Горох	No-till	-0,77	-14580	Яра пшениця	No-till	-0,29	-5420	-37182
		Мімі-тілл	-0,93	-17517		Мімі-тілл	-0,72	-13516		Мімі-тілл	0,05	1034	
		Традиційний	-0,95	-17816		Традиційний	-0,75	-14196		Традиційний	0,02	456	

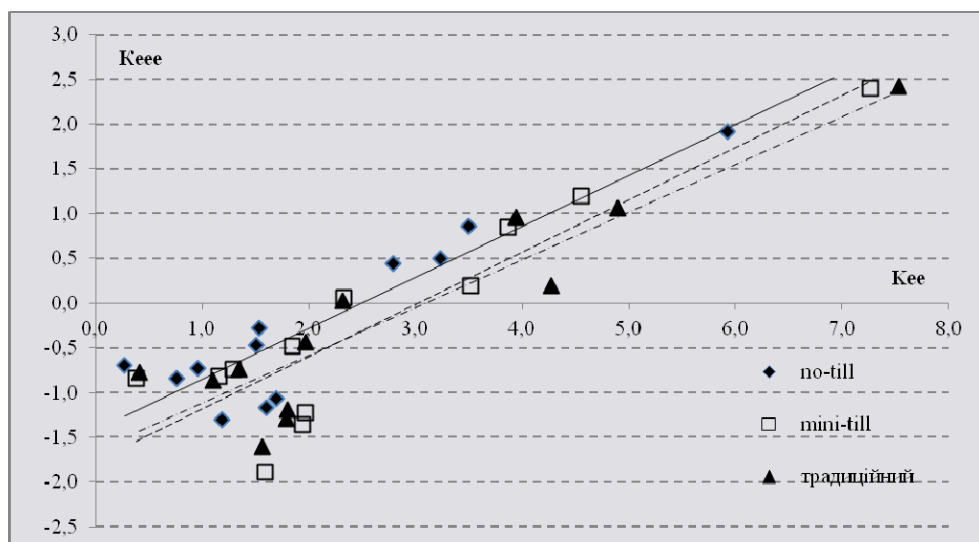
Таблиця 2

Коефіцієнт еколого-енергетичної ефективності

№ поля	2011				2012				2013				2011-2013	
	Культура	Обробіток ґрунту	Σ антропогенної енергії ГДж/га	K _{ее}	Культура	Обробіток ґрунту	Σ антропогенної енергії ГДж/га	K _{ее}	Культура	Обробіток ґрунту	Σ антропогенної енергії ГДж/га	K _{ее}	Σ антропогенної енергії, МДж	K _{ее}
1	Горох	No-till	20,20	-0,47	Яра пшениця	No-till	19,86	0,50	Сорго	No-till	15,65	0,44	55,71	0,13
		Mini-till	18,31	-0,48		Mini-till	17,89	0,20		Mini-till	13,85	0,85	50,05	0,13
		Традиційний	19,35	-0,44		Традиційний	18,22	0,19		Традиційний	15,34	0,96	52,91	0,19
2	Сорго	No-till	15,83	0,86	Гірчяця	No-till	14,69	-1,30	Горох	No-till	15,07	-1,11	45,59	-0,49
		Mini-till	14,46	1,20		Mini-till	12,78	-1,89		Mini-till	20,91	-0,71	48,15	-0,45
		Традиційний	15,58	1,06		Традиційний	13,77	-1,61		Традиційний	20,91	-0,79	50,26	-0,44
3	Озмя пшениця	No-till	20,96	1,91	Сорго	No-till	4,03	-2,61	Гірчяця	No-till	14,79	-1,06	39,78	0,35
		Mini-till	18,98	2,40		Mini-till	4,95	-2,24		Mini-till	12,84	-1,23	36,78	0,51
		Традиційний	19,19	2,43		Традиційний	5,87	-1,91		Традиційний	13,81	-1,19	38,87	0,49
4	Гірчяця	No-till	14,77	-1,16	Горох	No-till	20,04	-0,73	Яра пшениця	No-till	19,23	-0,28	54,04	-0,69
		Mini-till	12,84	-1,36		Mini-till	18,15	-0,74		Mini-till	17,57	0,06	48,56	-0,62
		Традиційний	13,81	-1,29		Традиційний	19,16	-0,74		Традиційний	17,68	0,03	50,66	-0,62

грунту. Все це пов'язано із зниженням врожайності, що призвело до зменшення приходу в ґрунт основного джерела ґрунтової енергії – рослинних решток.

Важливим моментом є той факт, що між еколого-енергетичною та енергетичною ефективністю технологій вирощування сільськогосподарських культур існує пряма залежність – чим вища енергетична ефективність технології вирощування певної культури, тим кращі її еколого-енергетичні показники (рисунок).



Залежність між коефіцієнтами енергетичної ефективності (K_{ee}) та еколого-економічної ефективності (K_{eee}) технологій вирощування сільськогосподарських культур

Причому така залежність спостерігається за всіма варіантами досліджень, що показує на певний універсалізм цієї тези. Очевидно, що причиною цього феномену є все той же фактор урожайності сільськогосподарських культур. Чим більша урожайність, тим більший прихід органічної речовини в ґрунт, що покращує її енергетичний потенціал, а, отже, призводить до зростання величини K_{eee} , яка розраховується за формулою (3). Одночасно висока урожайність сільськогосподарських культур збільшує величину K_{ee} , яка, як видно з формули (5), залежить від енергетичної ємності врожаю.

ВИСНОВКИ

1. Спостерігається як позитивна, так і негативна зміна енергетичної ємності ґрунту за всіх технологій обробітку. У випадку з позитивною зміною ґрунтової енергії кількість накопиченої енергії в ґрунті коливається в межах 6,5–18,9 ГДж/га. За негативної зміни ґрунтової енергії втрати енергії ґрунтом становлять 21,7–37,2 ГДж/га.

2. Сумарна оцінка зміни енергетичної ємності ґрунту при застосуванні різних агротехнологій за всі роки спостережень свідчить, що найменшу еколого-енергетичну ефективність на всіх культурах показала технологія no-till, що пов'язано із суттєвим зниженням урожайності при впровадженні цієї технології та зменшенням приходу рослинних решток у ґрунт.

3. Між еколого-енергетичною та енергетичною ефективністю технологій вирощування сільськогосподарських культур за всіма варіантами досліджень існує пряма залежність – чим вища енергетична ефективність технології вирощування певної культури, тим кращі її еколого-енергетичні показники.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Balyuk, S. A., Grekov, V. O., Lisovyy, M. V., Komarista, A. V., 2011.** Rozrahunok balansu humusu i pozhyvnykh rechovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia [The Calculation of humus and nutrients balance in farming Ukraine at various levels]. Miska drukarnya, Kharkiv (in Ukrainian).
- Tarariko, J. O., Gorodnii, M. N., Serduk, A. H., Kalensky, V. P., Makarenko, V. M., Rozstalnyy, V. E., Mazurkiewicz, L. I., Yarygin, N. Y., 2005.** Bioenerhetychna otsinka system udobrennia i agrotexnologii [Bioenergy assessment of fertilizer and agricultural technologies]. National Agrarian University, Kyiv (in Ukrainian).
- Tararyko, Y. A. 2007.** Formirovanie ustoichivnykh agroekosistem [The Formation of sustainable agroecosystems]. DYA, Kyiv (in Russian).
- Chorny, S. G., 2004.** Velychyna antropohennoi enerhii yak kryterii intensyvnosti tekhnolohichnoho navantazhennia na ahrolandshafty Stepu Ukrainy [The value of human energy as a criterion for the intensity of technological load on agricultural landscapes Steppe of Ukraine]. Ukrainian Black Sea region agrarian science. 4(28), 147–154 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 19.06.2014

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. В. І. Парпан