

УДК 631.51.01:631.58:631.95

ОЦІНКА БІОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL

С.Г. Чорний, доктор сільськогосподарських наук, професор
Миколаївський національний аграрний університет

А.В. Волошенюк, аспірант

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція ІЗЗ НААНУ

У статті проаналізовано результати біоенергетичної оцінки традиційної, мінімальної технологій обробітку ґрунту та No-till. Виявлено істотне зниження рівня енергетичної ефективності технології No-till у порівнянні з традиційною та мінімальною технологіями. Встановлено, що за умов використання No-till найбільш вагомими були непрямі втрати. Головною причиною їх збільшення був істотно вищий рівень забур'яненості посівів, що, в свою чергу, призвело до збільшення обсягів використання гербіцидів, які мають значну енергетичну ємність.

Ключові слова: біоенергетична оцінка, обробка ґрунту, No-till, забур'яненість, гербіциди.

Вступ та огляд літератури. Система землеробства No-till («нульовий» обробіток ґрунту, або технологія «прямої сівби»), яка передбачає сівбу у необроблений ґрунт, коли з поверхні ґрунту після жнив не прибирають стерню та поживні залишки, а боротьбу з бур'янами проводять шляхом правильного підбору сівозмін та кваліфікованим застосуванням засобів захисту рослин, зараз поступово поширюються Україною. Причин впровадження нової системи землеробства декілька – економічні (економії витрат на запчастини, паливно-мастильні матеріали та оплату праці), агрономічні (покращення водного режиму ґрунту, особливо в посушливих районах), екологічні (зменшення викидів CO₂ з ґрунту шляхом зв'язування вуглецю органічною речовиною ґрунту, а також зменшення деградації ґрунтів за рахунок стабілізації процесів ерозії).

У той же час багато фахівців декларують застереження, які пов'язані із зростанням забур'яненості посівів на неораних полях, зростання ущільнення ґрунту і, як наслідок, зростання

© Чорний С.Г., Волошенюк А.В., 2013

поверхневого стоку і водної ерозії ґрунту. Іншим негативним наслідком ущільнення ґрунту при запровадженні технології **No-till** є ймовірне зниження урожайності сільськогосподарських культур із стержневою кореневою системою (коренеплодів, гороху, сої, соняшнику тощо) [2]. А в початковій фазі використання нульового обробітку (0-5 років) може спостерігатися зменшення вмісту азоту, фосфору і біологічної активності в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту [6].

Деякі автори вважають, що економія енергетичних витрат при впровадженні мінімізації обробітку ґрунту взагалі та застосуванні **No-till** зокрема, не є примарною. Якщо оцінити енерговитрати на повні технологічні цикли вирощування польових культур в інтенсивному землеробстві, то виявляється, що частка обробітку ґрунту в економії енергоносіїв є досить скромною. Розрахунки цих авторів свідчать про те, що у сумі прямих і непрямих енергетичних витрат енергії обробіток ґрунту реально не перевищує 10-12%, а значить і економія сукупної антропогенної енергії при впровадженні **No-till** не буде великою [4].

Взагалі існує думка, що позитивні ефекти технології **No-till** починають спостерігатися лише після багаторічного впровадження нульового обробітку, а саме, після так званої «перехідної фази» – (через 5-10 років з початку запровадження) [3].

Невирішеним є питання щодо критеріїв оцінки ефективності технологій. Стандартна економічна оцінка не враховує екологічні проблеми технологій. Не зовсім ефективною є економічна оцінка в умовах інфляції. На наш погляд, найбільш повною оцінкою ефективності технології є біоенергетична методика, яка робить кількісний облік та аналіз процесів перетворення потоків вільної енергії в агроландшафтах. Технології виробництва сільськогосподарської продукції мають забезпечувати найбільш повне використання природних агроенергетичних ресурсів при скороченні питомих затрат антропогенної енергії на одиницю продукції та попереджувати негативний вплив на оточуюче середовище. Така методика дозволяє співставити процеси, які мають різні одиниці виміру і оцінювати агротехнології за допомогою об'єктивних єдиних енергетичних критеріїв.

Об'єкти та методи досліджень. Дослідження щодо кількісної оцінки енергетичної ефективності технологій

вирощування сільськогосподарських культур проводили на чорноземах південних Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України (с. Тавричанка Каховського району Херсонської області) в рамках стаціонарного польового досліду.

Аналіз проводили щодо технології вирощування трьох культур сівозміни у 2009-2012 рр. – озимої (у 2012 році – ярої) пшениці (попередник – горох), сорго (попередник – озима пшениця), гірчиці (попередник – сорго). При вирощуванні перших двох культур No-till застосовували протягом 4 років, гірчиці – 3 роки (культуру в сівозміну було введено лише у 2010 році). При застосуванні технології No-till сівбу проводили сівалкою **Grain Plains СРН**, з міжряддями 19 см на посівах озимої пшениці та гірчиці, 38 см при вирощуванні сорго.

В якості контролю застосовували традиційні для даних культур в регіоні основні технології обробку ґрунту – при вирощуванні озимої пшениці – дискування важкою дисковою бороною на 12-14 см, у всіх інших випадках – глибоку оранку на 28-30 см з обертанням скиби агрегатом ПЛН-5-35. Іншим контролем можна вважати варіант з поверхневим обробітком ґрунту – дискування важкою дисковою бороною на 6-8 см.

В основі кількісної оцінки енергоефективності технологій було використано існуючі методичні рекомендації щодо біоенергетичної оцінки систем удобрення і агротехнологій [5, 7, 8]. Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{EE}) визначається через відношення валової енергії (ВЕ), тобто прибутку енергії в агроландшафт через урожай сільськогосподарських культур, і кількості сукупної антропогенної енергії (ΣE_A), витраченої на його вирощування:

$$K_{EE} = VE / \Sigma E_A.$$

Валову енергію розраховували через енергоємність основної продукції. А сумарні антропогенні енерговитрати на вирощування сільськогосподарських культур встановлювали за технологічними картами з урахуванням витрат енергії на паливе, електроенергію, насіння, добрива, меліоранти, пестициди, сукупні витрати живої праці. Враховували також енергоємність сільськогосподарських машин [5, 7, 8].

Результати та їх обговорення. Дані щодо енергетичної ефективності вирощування культур сівозміни, за різного способу обробітку ґрунту та прямої сівби, розрахованої за формулою, наведено у табл. 1. Розрахунки показують, що згідно з існуючими оцінками [1], на пересічно низьку ($K_{EE} < 3$) та середню ($K_{EE} = 3-5$) енергетичну ефективність технологій, що вивчалися. Лише на двох варіантах при вирощуванні озимої пшениці енергетична ефективність була високою ($K_{EE} > 5$).

Таблиця 1

Оцінка енергетичної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур (середні багаторічні дані)

Культура, терміни досліджень	Спосіб обробітку ґрунту	Енерговитрати, МДж	Енергоприбуток, МДж	K_{EE}	$K_{EE}/K_{EE(т)}$
Озима пшениця (2009-2011)	Традиційний	18902,28	111322,15	5,89	1,00
	Мінімальний	18665,97	103018,85	5,52	0,93
	No-till	20448,63	91432,85	4,47	0,75
Яра пшениця (2012)	Традиційний	18221,20	77819,30	4,27	1,00
	Мінімальний	17889,38	62950,60	3,52	0,82
	No-till	19857,45	64109,20	3,23	0,75
Гірчиця (2011-2012)	Традиційний	14310,56	23091,65	1,62	1,00
	Мінімальний	13328,18	22573,90	1,70	0,86
	No-till	15251,68	20502,90	1,35	0,83
Сорго (2009-2012)	Традиційний	15771,82	54653,20	3,47	1,00
	Мінімальний	14291,06	48050,80	3,37	0,97
	No-till	15969,20	30199,87	1,90	0,55

Аналіз цих даних показує також на стійку тенденцію щодо зменшення енергетичної ефективності технології вирощування сільськогосподарських культур зі зменшенням інтенсивності обробітку ґрунту, що суперечить пересічним поглядам на цю проблему. Найменшу енергетичну ефективність при вирощуванні всіх сільськогосподарських культур проявляє технологія No-till. Так, у варіантах з озимою, ярою пшеницями, гірчицею та сорго проявляється зменшення K_{EE} за прямої сівби у порівнянні з традиційним обробітком, таке зменшення спостерігалось на 25, 25, 17 та 45% відповідно. Як видно з таблиці, зменшення енергетичної ефективності при впровадженні No-till пов'язане як зі зменшенням прибутку енергії в агроландшафт, який є функцією урожайності сільськогосподарських культур, так і зростанням енергетичних витрат.

За подальшого аналізу даних (табл. 2) спостерігаємо, що зі зменшенням інтенсивності обробітку ґрунту спостерігається зменшення енергетичних витрат на паливе, електроенергію, що не суперечить загальноприйнятим поглядам на мінімізацію обробітку ґрунту. Спостерігається також при зменшенні інтенсивності обробітку ґрунту зменшення енергоємності техніки. Головною причиною зменшення витрат на паливно-мастильні матеріали та енергоємність техніки слугує відсутність деяких технологічних операцій з обробітку ґрунту (дискування, культивування, оранка), зокрема за прямої сівби.

Таблиця 2

Співвідношення основних складових енергетичних витрат, %

Сільсько-господарська культура	Система обробітку ґрунту	Людські витрати	Паливе	Електроенергія	Непрямі витрати (з них на гербіциди)	Енергоємність техніки
Озима пшениця	Традиційна	0,06	12,22	1,96	71,62 (0,04)	15,70
	Мінімальна	0,06	11,99	1,86	72,66 (0,04)	15,18
	No-till	0,05	8,45	1,53	76,42 (10,24)	14,85
Яра пшениця	Традиційна	0,03	12,48	1,48	72,68 (0,04)	13,32
	Мінімальна	0,03	12,30	1,28	74,03 (0,04)	12,37
	No-till	0,03	8,59	1,17	77,21 (10,56)	13,01
Гірчиця	Традиційна	0,04	20,38	0,44	64,80 (0,80)	14,34
	Мінімальна	0,03	16,55	0,46	69,59 (0,86)	13,37
	No-till	0,03	11,23	0,37	74,67 (14,44)	13,71
Сорго	Традиційна	0,04	21,82	1,08	64,43 (1,56)	16,26
	Мінімальна	0,03	14,49	0,95	64,43 (1,72)	13,99
	No-till	0,03	11,23	0,61	78,18 (14,60)	14,71

У той же час, слід зазначити, що енергетичні витрати на обробіток ґрунту не є вирішальними. Вони коливаються лише у межах 20-30%, а паливна складова – лише 10-20% (табл. 2) і їх зменшення за рахунок виключення окремих технологічних операцій, або використання нульових технологій, не має вирішального впливу на загальну кількість сукупної антропогенної енергії (ΣE_A), яка використовується при вирощуванні певних сільськогосподарських культур (табл. 2). Справа

в тому, що непрямі енергетичні витрати (насіння, протруювачі, гербіциди, добрива тощо) займають дуже значну частку в загальній кількості антропогенної енергії – вони коливаються в межах – **65-80%**. Більш того, мінімізація обробітку спричиняє лише збільшення непрямих витрат, що, в першу чергу, пов'язано із зростанням використання гербіцидів внаслідок зростання забур'яненості посівів. Зокрема, дослідження показали на суттєве зростання забур'яненості посівів при використанні саме технології **No-till**. На посівах сорго середня багаторічна кількість бур'янів на контролі складала **6,7 шт./м²**, а за технологією **No-till** – **11,9 шт./м²**, по озимій пшениці – **16,6 шт./м²** та **59,8 шт./м²**, відповідно, а по гірчиці – **3,2 шт./м²** та **14,2 шт./м²**, відповідно. А отже зростання кількості бур'янів призвело до збільшення кількості обробіток посівів гербіцидами, що і призвело до суттєвого зростання непрямих енергетичних витрат, яке не компенсувалося зменшенням енергетичних витрат на обробіток ґрунту при впровадженні **No-till**. Цей висновок, до речі, прямо підтверджує тезу А.М. Малієнко [4] про відносно невелику частку енергетичних витрат в інтенсивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

А отже на тлі деякого зменшення урожайності за варіантами з **No-till** (вірогідно з причин високої засміченості посівів та проблем з живленням) та, як наслідок, зменшенням приходу енергії в агроландшафт, збільшується чисельник формули (1), що є сумою загальних антропогенних витрат енергії на утворення урожаю. В результаті показник енергетичної ефективності K_{EE} зменшується, отже енергетична ефективність технології **No-till** буде гіршою, ніж на контрольних варіантах.

Слід зазначити, що невеликі терміни впровадження **No-till** не дають підстав зробити остаточні висновки щодо енергетичної неефективності цієї технології. Вище згадувалося, що лише після «перехідної фази» (через **5-10** років з початку запровадження) повністю реалізуються всі задекларовані різними авторами гаразди нової технології вирощування сільськогосподарських культур.

Висновки. З точки зору енергетичної ефективності технологія **No-till** не має переваги над традиційним обробітком ґрунту

та іншими технологіями мінімізації обробітку ґрунту. Більш того, зменшення витрат при впровадженні **No-till** на енергоемність техніки, пального, електроенергії повністю компенсується зростанням непрямих енергетичних витрат, зокрема, витратами на гербіциди, що обумовлюється великою засміченістю бур'янами необроблених ґрунтообробними знаряддями посівів.

Слід зазначити, що при більш довгих термінах застосування **No-till** (більше 10 років) ситуація може змінитися в кращий бік.

Список використаних джерел:

1. Володин В. М. Агробиоенергетика – новое научное направление / В. М. Володин // Земледелие. — 1992. — № 9—10. — С. 2—4.
2. Кирюшин В. И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия / В. И. Кирюшин // Земледелие. — 2006. — № 5. — С. 12—14.
3. Косолап М. П. Система землеробства **No-till** : навч. посіб. / М. П. Косолап, О. П. Кротінов. — К. : Логос, 2011. — 352 с.
4. Малієнко А. М. Соціально-економічні передумови формування агротехнологій (на прикладі систем обробітку ґрунту) / А. М. Малієнко. — К., 2001. — 60 с.
5. Миндрин А. С. Энерго-экономическая оценка сельскохозяйственной продукции / А. С. Миндрин. — М. : ВНИИЭТУСХ, 1997. — 187 с.
6. Сайко В. Ф. Системи обробітку ґрунту в Україні / В. Ф. Сайко, А. М. Малієнко. — К. : ЕКМО, 2007. — 44 с.
7. Сычев В. Г. Методология энергетической оценки технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычев, А. М. Алиев // Сборник всероссийских трудов. — 2010. — Т. 1. — С. 139—144.
8. Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій : методичні вказівки для студентів агрономічного факультету і факультету агрохімії та ґрунтознавства / Ю. В. Тараріко, М. М. Городній, А. Г. Сердюкта ін. — К. : НАУ, 2005. — 40 с.

С.Г. Черный, А.В. Волошенюк. Оценка биоэнергетической эффективности технологии No-till.

В статье проанализированы результаты биоэнергетической оценки традиционной, минимальной обработки почв и No-till. Определено значительное снижение уровня энергетической эффективности No-till по сравнению с традиционной и минимальной технологиями. Было отмечено, что при использовании No-till существенно увеличиваются непрямые энергетические затраты. Главной причиной их увеличения был более высокий уровень засоренности посевов, что, в свою очередь, привело к увеличению объема использования гербицидов, имеющих значительную энергетическую емкость.

S. Chorny, A. Voloshenyuk. Assessment of the effectiveness of bioenergy technologies No-till.

In article the results of bioenergy evaluation of traditional and minimum technology tillage and No-till was analyzed. Significant reduction of energy efficiency of No-till in comparison with the traditional technology and minimum technology was defined. Using No-till substantially grow indirect energy costs was noted. The main reason for their increase was a higher level of weeding of crops, by turn led to an increase in the use of herbicides, which are a significant energy capacity.