

УДК 631.153.3.

Ю.О. Тараріко
кандидат с.-г. наук,
К.В. Дорошенко
науковий співробітник,
Інститут агроекології та біотехнології
В.П. Стрельченко
доктор с.-г. наук
Державна агроекологічна академія України

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В ПОЛІССІ

Викладені положення щодо сталого розвитку агроecosистем Полісся на підвалинах комплексних балансових досліджень і оцінки потенційних можливостей агроecosистем через енергетичні еквіваленти кількісних і якісних характеристик природних та техногенних ресурсів.

Вступ

На сучасному етапі розвитку АПК України необхідна нова концепція підвищення сталості агроecosистем, ресурсо- і енергозбереження, яка базується на більш інтенсивному кругообігу органічної речовини, біогенних елементів і енергії в аграрних виробничих системах. Перш за все необхідно максимально реалізувати відновлювані енергетичні ресурси агроecosистем і, в першу чергу, енергію фотосинтетично-активної радіації (ФАР), що при створенні сприятливих умов може засвоюватися посівами з ККД рівним 4-5% [1]. З іншого боку, при отриманні кожної додаткової одиниці сільськогосподарської продукції потрібно знизити витрати невідновлювальних ресурсів за умови забезпечення відтворення ґрунтової родючості. В цьому відношенні заслуговує на увагу інтегроване керування в агроecosистемах потоками речовини і енергії, гармонійне об'єднання хімічних і біологічних джерел енергії і поживних речовин, в т.ч. органічних добрив, сидератів, рослинних решток (солома, стебла, інші відходи рослинництва), збільшення питомої ваги в структурі посівних площ бобових культур.

Умови і методика проведення досліджень

З метою визначення найбільш адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов агротехнологій в довготривалих стаціонарних дослідах нами проведена їх еколого-енергетична оцінка. Для цього розроблено та удосконалено методичні рекомендації "Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур" [2], за допомогою яких в зоні Полісся здійснено аналіз енергетичного балансу агротехнологій, заснованих на різних системах застосування добрив та обробітку ґрунту.

Один з об'єктів досліджень - стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Полісся. Ґрунт дерново-середньопідзолистий глеюватий глинисто-піщаний. Агрохімічні показники: вміст гумусу 0,94-1,29 %, гідролізованого азоту 4,27-9,01 мг/100 г ґрунту, доступного фосфору 7,31-19,08 мг/100 г ґрунту, обмінного калію 4,65-11,20 мг/100 г ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ 5,88-5,73, Ng 1,26-1,08 мг.-екв. на 100 г ґрунту.

Визначалася енергетична ефективність технологій, заснованих на застосуванні одинарної (9 т/га гною + $N_{31}P_{35}K_{43}$) і полуторної (13 т/га гною + $N_{46}P_{51}K_{62}$) доз добрив на фоні плоскорізного і полицевого обробітків ґрунту в сівоzmіні: 1 – картопля; 2 – овес; 3 – конюшина; 4 – озима пшениця; 5 – льон; 6 – кукурудза; 7 – озима пшениця; 8 – віка-овес; 9 – озиме жито.

Під картоплю і льон-довгунець заробляється солома попередньої культури.

Посівна площа ділянки 180 м², облікова 100 м², повторення 4 разове.

Визначення енергетичної ефективності досліджуваних агротехнологій проводилося на одному полі, через яке пройшли всі культури сівоzmіні. Розглядались наступні статті балансу енергії:

- Фактична продуктивність культур і сумарне накопичення енергії урожаю за ротацію сівоzmіні.
- Фактичні сумарні витрати енергії техногенного походження на вирощування культур сівоzmіні.

- Відкладені витрати антропогенних ресурсів на відтворення вихідної родючості ґрунту в разі її погіршення або економія енергії в разі підвищення енергопотенціалу ґрунту (за результатами розрахунків балансів біогенних елементів і гумусу).

Для всебічної еколого-енергетичної оцінки агротехнологій, що досліджуються, використовували такі показники:

1. $E_{\text{фар}}$ - надходження енергії фотосинтетично-активної радіації за ротацію сівозміни;
2. E_y - енергія урожаю;
3. $K_{\text{фар}}$ - коефіцієнт використання ФАР;
4. E_a - затрати антропогенної енергії;
5. $\pm \Delta E_{\text{рг}}$ - затрати (-) або економія (+) енергії на відтворення родючості ґрунту;
6. $K_{\text{еє}}$ - коефіцієнт енергетичної ефективності;
7. C_y - енергетична ціна одиниці урожаю;
8. E_b - баланс енергії (чистий прибуток енергії).

Результати експериментів та їх обговорення

Виходячи з тривалості вегетаційного періоду культур сівозміни та надходження за ротацію енергії фотосинтетичноактивної радіації ($E_{\text{фар}}$), встановлено, що ККД використання ФАР ($K_{\text{фар}}$) становить від 0.65 на контролі (оранка) до 1.14 при застосуванні полуторних доз добрив на фоні безполицевого обробітку ґрунту (табл.1).

Таблиця 1

Енергетична оцінка агротехнологій в Поліссі

Показники	Варіанти дослідю					
	ОРАНКА			ПЛОСКОРІЗ		
	Контроль	1 доза	1,5 дози	Контроль	1 доза	1,5 дози
$E_{\text{фар}}$, МДж	88645000					
E_y , МДж/га	574159	875137	949633	658970	945052	1012123
E_a , МДж/га	148551	222602	253613	149642	222442	252718
$\pm \Delta E_{\text{рг}}$, МДж/га	-38858	54311	107607	-40006	54520	107314
$K_{\text{фар}}$	0,65	0,99	1,07	0,74	1,07	1,14
$K_{\text{еє}}$	3,87	3,93	3,74	4,40	4,25	4,00
C_y , МДж/ц з.о.	492	484	508	432	447	475
E_b , МДж/га	386750	706846	803627	469322	777130	866719

Енергія урожаю при внесенні одинарної і полуторної доз добрив відносно контролю зростає на фоні оранки на 43-52 і при застосуванні плоскорізного обробітку на 54-65%, тобто, перевага по продуктивності посівів в сумі за ротацію сівозміни є за ґрунтозахисним безполицевим обробітком ґрунту. Застосування мілкого обробітку в порівнянні з оранкою підвищувало продуктивність посівів на контролі на 15 %, а на фоні добрив на 7-8 %. Причому полуторна доза добрив при їх приорюванні за ефективністю аналогічна одинарній при плоскорізному обробітку.

Для об'єктивної енергетичної оцінки агротехнології необхідно обов'язково враховувати зміни енергопотенціалу ґрунту. Вивчення впливу різних агротехнологій на ґрунтовий покрив показало, що на контролі без застосування добрив на відтворення вихідного рівня родючості ґрунту додатково необхідно витратити енергії в межах 39000-40000 МДж/га, що є близько 26-27 % від затрат ресурсів техногенного походження на вирощування культур сівозміни. Внесення мінеральних і органічних добрив забезпечує розширене відтворення родючості і, відповідно, накопичення енергії у ґрунті.

Коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_{\text{еє}}$) є співвідношення енергії урожаю і енергоємності агротехнології без врахування змін енергопотенціалу ґрунту. Це загально-прийнятий показник енергетичної оцінки систем землеробства і агротехнологій [2,3], за яким найбільш енергетично доцільними є варіанти без застосування добрив (на фоні оранки) і одинарна доза добрив (на фоні плоскорізного обробітку). При обох способах обробітку

застосування полуторної дози за показником Кеє (без врахування впливу агротехнологій на родючість ґрунту) енергетично недоцільне.

Енергетична ціна одиниці урожаю - співвідношення витрат антропогенної енергії (Еа, МДж/га) і сумарної за ротацію сівозміни урожайності (ц к.о. /га) - менша при безполіцевому обробітку ґрунту. Так, якщо енергетична вартість 1 ц продукції при застосуванні оранки на контролі дорівнювала 492 МДж/ц, то при внесенні одинарної і полуторної доз добрив цей показник відповідно склав 484 та 508 МДж/ц. На фоні безполіцевого обробітку енергетична ціна відповідно склала – 432, 447 і 475 МДж/ц і в порівнянні з поліцевим обробітком скоротилася на 7-14%.

Для комплексної біоенергетичної оцінки агротехнологій нами запропоновано використовувати показник балансу енергії в агроecosистемі (Еб), який враховує витрати енергії антропогенного походження на вирощування урожаю, вихід енергії у вигляді продукції рослинництва та зміни енергопотенціалу ґрунту або відкладені витрати (економія) антропогенних ресурсів на відтворення вихідної родючості ґрунту. Цей показник відбиває рівень накопичення енергії в агроecosистемі. Встановлено, що найбільш енергетично вигідною виявилася агротехнологія, що заснована на застосуванні безполіцевого обробітку ґрунту з внесенням 13 т/га сівозмінної площі гною і $N_{46}P_{51}K_{62}$. Це пов'язано з відносно високим рівнем продуктивності посівів на цьому варіанті, а також з суттєвим покращанням показників родючості ґрунту.

Виходячи з проведеного аналізу встановлено, що в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся високопродуктивне ведення рослинництва можливе лише при наявності відповідних ресурсів. Тобто на дерново-підзолистих ґрунтах в протилежність ґрунтам акумулятивного типу спостерігається тенденція - чим вищі затрати різних видів ресурсів в їх оптимальному поєднанні, тим більший вихід додатково зв'язаної енергії. Безполіцевий обробіток ґрунту сприяє більш інтенсивному накопиченню енергії в агроecosистемах насамперед за рахунок підвищення урожайності культур, що можна пояснити концентрацією біогенних елементів і гумусу у верхньому шарі ґрунту.

Таблиця 2

Баланси гумусу і біогенних елементів при їх оптимальній інтенсивності в Поліссі

Обробіток ґрунту та удобрення	Гумус, т/га	Необхідно гною, т/га	N, кг/га	P ₂ O ₅ , кг/га	K ₂ O, кг/га	Ca, кг/га
Оранка - (контроль)	-1,21	24,2	147	-327	-614	-1428
Оранка - 1 доза добрив	5,4	-108,0	18	16	-213	-1318
Оранка - 1,5 доза добрив	8,11	-162,2	95	462	-46	-1184
Плоскорізний - (контроль)	-0,31	6,2	197	-429	-714	-1563
Плоскорізний - (1 доза добрив)	6,19	-123,8	82	-130	-429	-1467
Плоскорізний - (1,5 дози добрив)	8,89	-177,8	61	190	-41	-1318

Хоча найбільш ефективною виявилася технологія із застосуванням полуторної дози добрив на фоні безполіцевого обробітку ґрунту, проте і вона не забезпечує бездефіцитні баланси калію і кальцію (табл. 2). Тому для повного відтворення родючості ґрунту і подальшого підвищення продуктивності сівозміни кількість калію необхідно збільшити на 5 кг д.р./га сівозмінної площі і проводити підтримуюче вапнування. Можливо, що саме ці фактори лімітують реалізацію високого енергопотенціалу ґрунту, створеного за рахунок забезпечення значно позитивних балансів гумусу, азоту і фосфору.

Висновки

Енергетичний аналіз стаціонарного дослідження ІСПП показав, що для отримання середньої продуктивності посівів на рівні 50-60 ц з.о./га для виробництва можна рекомендувати агротехнології, що базуються на застосуванні 13 т/га гною + $N_{46}P_{51}K_{67}$ + вапнування з використанням безполіцевого обробітку ґрунту.

При цьому слід підкреслити, що максимальний рівень продуктивності культур в даному стаціонарному дослідженні значно нижчий ніж реально досяжний. Це можна пояснити тим, що дози органічних і мінеральних добрив, які вивчаються, не в повній мірі збалансовані і потребують певного корегування. Так, згідно з табл. 2, в плані скорочення енергоємності агротехнологій, норма внесення гною, яка забезпечує бездефіцитний баланс гумусу, може бути дещо скорочена.

У відповідності з цим, можливо, потребує корегування в бік зменшення кількості внесеного азоту, і після балансування доз мінеральних і органічних добрив можна розраховувати на певне збільшення продуктивності сівозміни при суттєвому скороченні затрат непоновлюваних ресурсів. Це в результаті повинно дати значне підвищення енергетичної ефективності агротехнологій.

Необхідно враховувати, що рекомендації щодо застосування 9-13 т гною на 1 га сівозмінної площі розраховані на наявність в господарствах Полісся розвинутої галузі тваринництва. На сучасному етапі при різкому скороченні поголів'я сільськогосподарських тварин доцільно провести дослідження і розробити технології застосування альтернативних органічних добрив: малоцінної частини урожаю, сидератів, місцевих добрив тощо.

Література:

1. *Ничипорович А.А.* Фотосинтез и вопросы интенсификации сельского хозяйства. - М.: Наука, 1965. – С. 39-40.
2. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: Метод. рек. - К.: Нора-принт, 2001. - 60 с.
3. *Медведовський О.К., Іваненко П.І.* Енергетичний аналіз інтенсивних технологій. - К.: Урожай, 1988. - С.114-120.
4. Энергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур: Метод. рек. – Волгоград, 1985. - 30 с.