

ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ В КОРТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ ПОЛІССЯ

Шудренко І. В., к.с.-г.н.

Постановка проблеми. На Поліссі України є значна кількість господарств (фермерських, селянських) з невеликою площею землекористування та вузькою спеціалізацією, для яких є доцільними сівозміни з короткою ротацією [1]. Їх висока продуктивність може бути забезпечена, зокрема, науково обґрунтованою системою удобрення [5]. В умовах дефіциту органічних добрив тваринного походження потрібна розробка систем удобрення на основі сидератів, побічної продукції культур. В обґрунтуванні вибору систем удобрення важливе значення належить їх енергетичному аналізу та оцінюванню.

Аналіз останніх досліджень. Переважне використання органічних добрив, у т. ч. сидератів і побічної продукції, є одним із базових положень біологічного (альтернативного, органічного тощо) землеробства [3], воно сприяє розширеному відтворенню родючості ґрунту [7]. Застосування в сівозмінах Полісся сидеральних посівів, соломи як органічного добрива має позитивний вплив на родючість ґрунту, і підтверджується багатьма вітчизняними та зарубіжними вченими [6]. Разом з цим розробка систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах Полісся є актуальним, і застосування енергетичного підходу для цього має важливе значення.

Енергетичне оцінювання технологій вирощування сільськогосподарських культур традиційно здійснюють за коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}), тобто співвідношенням енергії, акумульованої в урожаї (E_y), і сукупних витрат антропогенної енергії (E_a) на його отримання [4]. Така методика не враховує вплив технологій на стан агроєкосистеми, оскільки до уваги не береться зміна її енергопотенціалу, в т.ч. ґрунту. Потрібна розробка на основі існуючої такої методики визначення енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва, яка б не мала цього недоліку. Нижче наведені основні результати дослідження методик еколого-енергетичного оцінювання систем удобрення в короткоротаційній сівозміні Полісся.

Мета, об'єкт і методика дослідження. Дослідження проводилося в межах теми “Розробити наукові основи раціональної моделі землекористування для зони Полісся” (номер державної реєстрації 0107U003280).

Мета дослідження – визначення оптимальних за енергетичною ефективністю систем удобрення в короткоротаційній сівозміні Полісся.

Об'єкт дослідження – зміна енергетичної ефективності короткоротаційної сівозміни Полісся залежно від системи удобрення.

Польове дослідження проводилася протягом 2003-2009 років у стаціонарному досліді, закладеному на дослідному полі ЖНАЕУ (с. В. Горбаша Черняхівського району Житомирської області) у 2001 році. Ґрунт – ясно-сірий лісовий супіщаний на лесовидному суглинку. Схема досліджуваної сівозміни: 1. Конюшина; 2. Озима пшениця; 3. Льон-

довгунець; 4. Овес з підсівом конюшини.

Варіанти систем удобрення культур в сівозміні наведені в таблиці 1.

Площа облікової ділянки 25 м² (2×12,5 м), ширина захисної смуги 2 м, ширина коридорів 8 м між полями в сівозміні. Технології вирощування культур – загальноприйняті в зоні Полісся. Витрати антропогенної енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності K_{ee} визначали за методикою ВІМ [4], баланс гумусу – розрахунковим методом [2].

Результати дослідження. Визначення коефіцієнта енергетичної ефективності за повинен враховувати зміну енергопотенціалу ґрунту (ΔE_T):

$$K_{ee}^* = \frac{E_y + \Delta E_c}{E_a} \quad (1)$$

У чисельнику врахований приріст запасу енергії в агроecosystemі. Зміну енергопотенціалу ґрунту можна визначати за балансом гумусу.

Таблиця 1.

Системи удобрення в сівозміні

№ поля	Культура	Варіанти систем удобрення				
		1	2	3	4	5
		без добрив	побічна продукція+ сидерати	мінеральні добрива	побічна продукція+ мінеральні добрива	побічна продукція+ сидерати+ мінеральні добрива
1	Конюшина	-	-	-	-	-
2	Озима пшениця	-	-	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅
3	Льон-довгунець	-	с+зм	N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀	с+N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀ + N ₁₀	с+зм+ N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀
4	Овес з підсівом конюшини	-	-	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀

Примітки: с – солома попередника (3 т/га); зм – зелена маса редьки олійної (10 т/га); N₁₀ – компенсація на 1 т соломи. На всіх варіантах, крім 1, вноситься 2,5 т вапна на 1 га площі сівозміні.

Енергетичне оцінювання ефективності виробництва продукції рослинництва повинно передбачати також визначення виходу корисної енергії:

$$E_{кор} = E_y + \Delta E_T - E_a \quad (2)$$

Основні результати розрахунку енергетичного балансу вирощування культур в сівозміні наведені в таблиці 2. Найбільше енергії акумулювалося в урожаї конюшини, найменше – льону-довгунця; із зернових культур перевагу мала озима пшениця. Витрати антропогенної енергії на вирощування конюшини були найменшими, вихід корисної енергії – у 1,5-2 рази вищий, ніж при вирощуванні зернових, а з урахуванням зміни енергопотенціалу ґрунту – в 2-3 рази. При застосуванні в сівозміні соломи і зелених добрив як без мінеральних добрив, так і в поєднанні з ними відзначено позитивний баланс гумусу, зростання енергопотенціалу ґрунту під озимою пшеницею, тоді як під вівсом вони були від'ємними, що пояснюється меншою кількістю рослинних решток та відсутністю органічної речовини добрив. Найгіршим по сівозміні енергетичний баланс був при вирощуванні льону-довгунця через найбільші витрати антропогенної енергії, найнижчий вихід енергії урожаю, кореневих і поверхневих рослинних решток.

Результати еколого-енергетичного оцінювання систем удобрення в короткоротаційній сівозміні Полісся наведені в таблиці 3. За кількістю енергії, накопиченої в урожаї культур, найбільш ефективними були системи удобрення із поєднанням органічних і мінеральних добрив (вар. 4 і 5), а також мінеральна (вар. 3).

Таблиця 2.

Енергетичний баланс за різних систем удобрення в короткоротаційній сівозміні Полісся

Варіанти систем удобрення	Урожайність основної продукції, т/га (2003-2009 рр.)	Енерговміст урожаю (E_y), МДж/га	Витрати антропогенної енергії (E_a), МДж/га	Зміна енергопотенціалу ґрунту (ΔE_r), МДж/га	Вихід корисної енергії ($E_{кор}$), МДж/га	
					$E_y - E_a$	$E_y + \Delta E_r - E_a$
1. Конюшина (зелена маса)						
1. Без добрив	25,40	54864	6564	+22600	48300	70900
2. С+ЗМ	27,33	59033	6564	+23800	52469	76269
3. NPK	34,77	75103	6564	+27400	68539	95939
4. С+NPK	35,14	75902	6564	+27600	69338	96938
5. С+ЗМ+NPK	35,80	77328	6564	+28200	70764	98964
2. Озима пшениця						
1. Без добрив	1,64	26978	9375	-720	17603	16883
2. С+ЗМ	1,95	32078	9375	+10540	22703	33243
3. NPK	3,47	57082	16661	-7860	40421	32561
4. С+NPK	3,48	57246	16661	+4040	40585	44625
5. С+ЗМ+NPK	3,49	57410	16661	+4000	40749	44749
3. Льон-довгунець (солома/насіння)						
1. Без добрив	2,67/0,50	15003	16912	+740	-1909	-1169
2. С+ЗМ	3,07/0,59	17519	21894	+8140	-4375	3765
3. NPK	3,86/0,69	21105	22144	-380	-1039	-1419
4. С+NPK	3,98/0,70	21557	22402	-420	-845	-1265
5. С+ЗМ+NPK	4,08/0,75	22676	27126	+7220	-4450	2770
4. Овес з підсівом конюшини						
1. Без добрив	1,83	29591	7876	-700	21715	21015
2. С+ЗМ	2,05	33148	7876	-800	25272	24472
3. NPK	2,87	45408	12616	-4120	32792	28672
4. С+NPK	2,88	46570	12616	-4200	33954	29754
5. С+ЗМ+NPK	3,00	48510	12616	-4720	35894	31174

Сумісне застосування соломи та сидератів без мінеральних добрив помітно поступалося за цим показником – приблизно на 30 %, що свідчить про необхідність мінеральних добрив, для створення оптимального режиму живлення рослин. Витрати антропогенної енергії були вищими в варіантах 3-5 у зв'язку з досить високою енергоємністю мінеральних добрив, однак це себе виправдало – коефіцієнт енергетичної ефективності K_{ee} , визначений за загальноприйнятою методикою, склав 3,27-3,46, що на 0,17-0,36 більше, ніж у варіантах 1 і 2. Аналогічна залежність відзначалася і за виходом корисної енергії $E_{кор} = E_y - E_a$.

При врахуванні зміни енергопотенціалу ґрунту найбільший приріст енергії ґрунту спостерігався при органічній системі удобрення (вар. 2), коефіцієнт енергетичної ефективності K_{ee}^* , визначений за формулою (2), був високим – 4,01. Близькими були значення K_{ee}^* при органо-мінеральних системах удобрення (вар. 4 і 5) – відповідно 3,92 і 3,82. Застосування тільки мінеральних добрив через найменший приріст енергопотенціалу ґрунту за енергетичною ефективністю поступався зазначеним варіантам - $K_{ee}^* = 3,69$.

Вихід корисної енергії, визначений за формулою (2), підтвердив попередній висновок стосовно еколого-енергетичної ефективності органо-мінеральних і мінеральної

систем удобрення. Внесення тільки органічних добрив забезпечило вихід енергії, нижчий на 4,5-10 тис. МДж/га – 34437 МДж/га.

Таблиця 3.

Еколого-енергетична ефективність систем удобрення в короткоротаційній сівозміні Полісся

Варіанти систем удобрення	Енерговміст урожаю (E_y), МДж/га	Витрати антропогенної енергії (E_a), МДж/га	Зміна енергопотенціалу ґрунту (ΔE_r), МДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності		Вихід корисної енергії ($E_{кор}$), МДж/га	
				K_{ee}	K_{ee}^*	$E_y - E_a$	$E_y + \Delta E_r - E_a$
1. Без добрив	31609	10182	5480	3,10	3,64	21427	26907
2. С+ЗМ	35444	11427	10420	3,10	4,01	24017	34437
3. NPK	49674	14496	3760	3,43	3,69	35178	38938
4. С+NPK	50319	14561	6755	3,46	3,92	35758	42513
5. С+ЗМ+NPK	51481	15742	8675	3,27	3,82	35739	44414

Висновки. Визначення енергетичної ефективності технологій в землеробстві доцільно проводити з урахуванням їх впливу на енергопотенціал ґрунту. Показниками еколого-енергетичного оцінювання можуть бути як коефіцієнт енергетичної ефективності, так вихід корисної енергії.

У короткоротаційній сівозміні Полісся органо-мінеральні системи удобрення на основі соломи та сидератів забезпечують вищу енергетичну ефективність, ніж мінеральна. Застосування в сівозміні соломи та сидератів забезпечує високий рівень окупності енерговитрат, хоча й нижчий вихід корисної енергії.

Використані джерела інформації

1. Бойко П.І. Сівозміни з короткою ротацією // Пропозиція. – 1998. – №2. – С. 16-17.
2. Воспроизводство гумуса и хозяйственно-биологический круговорот органического вещества в земледелии (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1989. – 65 с.
3. Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем. – М.: Агропромиздат, 1988. – 207 с.
4. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / ВИМ. – М., 1989. – 59 с.
5. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука, 2002. – 176 с.
6. Созінов О.О. Альтернативне землеробство: зарубіжний досвід і перспективи в Україні / О.О. Созінов, Д. Шпаар, М.П. Лісовий // Вісн. аграр. науки. – 1993. – № 9. – С. 3-11.
7. Шикун М.К. Концепції ґрунтозахисного біологічного землеробства в Україні // Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. – К., 2000. – С. 23-46.