

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІВОЗМІН

Раціональне використання землі завжди стояло в центрі уваги землеробів. В останні роки це стало особливо актуальним у зв'язку з обмеженим постачанням енергоресурсів і необхідністю економного їх використання. У вирішенні цих питань одне з основних місць займає розробка і впровадження сівозмін стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних і організаційно-економічних умов господарств.

Перший стаціонарний дослід з вивчення сівозмін на Верхняцькій дослідно-селекційній станції було закладено у 1937 р. Але через воєнне лихоліття проведення його відбувалось у післявоєнні роки. В програмі дослідження значне місце було відведене вивченню ролі бобових і бобово-злакових травосумішей, значення строків і способів їх використання в поліпшенні родючості ґрунту та підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур (М. А. Греков, 1969, М. М. Мартинович, 1994). Це цілком відповідало широко пропагандуемій на той час травопільній системі землеробства. Поряд з цим вивчалась роль чорних і зайнятих парів у формуванні врожайності культур і продуктивності сівозмін. Дослід дав можливість одержати певні дані і рекомендувати господарствам зони діяльності станції розміщення озимої пшениці і цукрових буряків у сівозмінах. Проте дослід мав і істотний недолік. Закладку його було здійснено на ділянці з близьким заляганням ґрунтових вод, що значно знижувало його цінність, тому що умови проведення дослідження не завжди відповідали природним умовам даного регіону. Крім того, через часту зміну схеми дослідження значно ускладнювалось, або навіть було неможливо звести багаторічні дані. Тому, а також у зв'язку з новими вимогами виробництва, у 1973 р. було закладено новий стаціонарний дослід.

Результати цього дослідження неодноразово висвітлювались його виконавцями, але при цьому основна увага надавалась агротехнічній стороні проблеми і зовсім не показувалась енергетична ефективність сівозмін. Тому дана стаття є першою спробою дати енергетичну оцінку сівозмін з урахуванням впливу їх на зміну родючості ґрунту. Для розрахунку витрат сукупної енергії на виробництво сільськогосподарських культур для кожної з них було розроблено технологічні карти. При цьому використані посібники: Методика біо-

енергетической оценки технологии производства продукции растениеводства. М.: ВАСХНИЛ. - 1983; Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве. М.: ВАСХНИЛ. - 1985. Енергетичну ефективність (Р) розраховували за формулою:

$$P = \frac{P}{E},$$

де: П - вміст енергії в продукції, яка одержана з одиниці площі (вихід енергії); Е - повні енерговитрати на одержання продукції (витрати енергії).

Чергування культур в плодозмінній (вар. 2, контроль), зерно-трав'яній (вар. 1) і просапній (вар. 16) сівозмінах представлено в схемі.

Схема чергування культур у сівозмінах

<u>Вар. 2</u>	<u>Вар. 1</u>	<u>Вар. 16</u>
1. Вико-овес на сіно	1. Вико-овес на сіно	1. Вико-овес на сіно
2. Озима пшениця	2. Озима пшениця	2. Озима пшениця
3. Цукрові буряки	3. Озима пшениця	3. Цукрові буряки
4. Ячмінь + б. трави	4. Ячмінь + б. трави	4. Кукурудза на зерно
5. Конюшина	5. Конюшина	5. Кукурудза на силос
6. Озима пшениця	6. Озима пшениця	6. Озима пшениця
7. Цукрові буряки	7. Озима пшениця	7. Цукрові буряки
8. Горох	8. Горох	8. Горох
9. Озима пшениця	9. Озима пшениця	9. Озима пшениця
10. Кукурудза	10. Озима пшениця	10. Цукрові буряки

У вар. 12 чергування культур таке, як у вар. 2, але в 5-му полі замість конюшини вирощували горох, у 14 вар. сівозміна така, як у 16 вар., але в 10-му полі сіяли кукурудзу, у вар. 21 сівозміна подібна до вар. 2, але в 10-му полі сіяли цукрові буряки. У вар. 3 і 18 чергування культур таке, як у вар 2 і 16, але добрив не вносили. Для розрахунків використані врожайні дані 1981-1998 рр.

Дослідження показали, що найбільш продуктивною культурою в досліді є цукрові буряки, які при правильному розміщенні в сівозміні забезпечили одержання в основній і побічній продукції 12,0 т/га кормопротеїнових одиниць, що більше в 1,4 і 1,8 рази, ніж дали кукурудза і озима пшениця, в 2,5 і 2,8 рази порівняно з горохом і ячменем та в 3,2 і 3,7 рази порівняно з вико-вівсом і конюши-

пою па сіно. Тому збільшення у сівозміні частки цукрових буряків сприяло підвищенню загальної продуктивності її. Так, введення в сівозміну третього поля цукрових буряків (вар. 21) замість кукурудзи (вар. 2) сприяло підвищенню збору кормогіротейнових одиниць з 6,58 до 6,87 т/га, хоча при цьому середня по сівозміні врожайність знизилась на 3,3 т/га. Вирощування ж замість ячменю і конюшини кукурудзи на зерно і силос (вар. 16) збільшило продуктивність сівозміни до 7,07 т/га к-пр. од. (табл. 1).

Таблиця 1. Продуктивність сівозмін, т/га кормогіротейнових одиниць

№ варіантів	Всього	втому числі	
		в основній продукції	в побічній продукції
2	6,58	5,10	1,48
12	6,68	5,21	1,47
14	6,82	5,43	1,39
16	7,07	5,42	1,16
21	6,87	5,17	1,70
1	4,85	4,27	0,58
3	4,89	3,99	0,90
18	4,84	3,90	0,94

Значне зниження продуктивності сівозміни відбувалось при збільшенні частки озимої пшениці з 30 до 60%; коли в трьох полях її вирощували повторно. Якщо в плодозмінній сівозміні (вар. 2) середня з трьох полів урожайність озимої пшениці становила 4,86 т/га, то в зерно-трав'яній (середня з шести полів) лише 3,9 т/га. В цілому продуктивність зерно-трав'яної сівозміни була на 24% нижча.

Різке падіння продуктивності культур відбувалось у сівозмінах без добрив. При цьому найбільше страждали від їх нестачі цукрові буряки. Так, у роки досліджень продуктивність цієї культури на неодобреному фоні була нижча, ніж на удобреному в плодозмінній сівозміні на 65%, а в просапній - на 74%. В той же час озима пшениця знизилась продуктивність значно менше - відповідно на 24 і 37%, горох на 22 і 17%, а кукурудза на зерно - лише на 15 і 12%. Загальна продуктивність названих сівозмін на неодобреному фоні була нижча відповідно на 34 і 46%.

В умовах енергетичної кризи не можна одержати врожай сільськогосподарських культур якою ціною. В зв'язку з цим важливе значення має пошук на основі енергетичної оцінки різних

Таблиця 2. Структура витрат енергії і енергетична ефективність виробництва сільськогосподарських культур в плодозмінній сівозміні

Показники	Вико-овес	Конюшина	Озима пшениця	Ячмінь	Горох	Кукурудза	Цукрові буряки
Вміст енергії, Гдж	79,9	70,2	155,7	106,9	79,5	178,6	192,9
Витрати енергії, всього*	15,4/100	12,5/100	24,8/100	11,7/100	17,5/100	45,7/100	57,6/100
<i>в тому числі</i>							
машини і обладнання	2,1/13,6	1,2/9,6	3,9/15,7	3,1/17,6	2,2/12,7	6,6/14,9	8,4/14,6
насіння	5,2/33,8	5,8/46,4	7,4/29,8	5,8/31,9	8,6/49,3	1,4/3,1	0,2/0,3
добрива і пестициди	-	0,1/0,8	4,8/19,4	0,1/0,2	0,1/0,2	17,6/38,5	19,2/33,5
пальне і електроенергія	6,0/39,0	3,0/24,0	7,9/31,9	7,6/43,0	5,7/32,7	15,9/34,8	22,5/39,1
праця людей	2,1/13,6	2,4/19,2	0,8/3,3	1,1/6,3	0,9/5,1	4,2/9,2	7,2/12,5
на 1т к-пр. од.	4,1	3,8	3,8	4,1	4,4	5,4	4,8
Коефіцієнт енергетичної ефективності	5,2	5,6	6,3	6,0	4,5	3,9	3,3

* - в чисельнику - Гдж, в знаменнику - %.

сівозмін таких варіантів, які б при економному витрачанні енергоресурсів забезпечували цілком прийнятну продуктивність. Аналіз показав, що за вмістом енергії у основній і побічній продукції культури відрізняються значно менше, ніж за вмістом кормопротеїнових одиниць. Наприклад, перевага цукрових буряків перед кукурудзою на зерно і озимою пшеницею становила лише 8 і 24% проти 43 і 85%. В той же час виконання технологічних операцій при вирощуванні і збиранні цукрових буряків потребує значно більших витрат енергії порівняно з іншими культурами. Так, на виробництво цукрових буряків в контрольному варіанті сівозміни витрачено 57,6 Гдж/га енергії, або на 26 і 32 % більше, ніж на вирощування кукурудзи і озимої пшениці (табл. 2).

З даних таблиці 2 видно, що в структурі енерговкладень на виробництво майже усіх культур найбільшу питому вагу займають витрати на пальне - від 24 до 43%. Особливо великих витрат енергоносіїв потребує виробництво цукрових буряків. За нашими розрахунками вони становлять 22,5 Гдж/га, що в 1,4-7,5 рази більше порівняно з іншими культурами контрольної сівозміни.

Велика кількість енерговитрат припадає також на застосування добрив. Так, при вирощуванні кукурудзи і цукрових буряків, під які вносили гній і мінеральні добрива, витрати на це становили відповідно 38,5 і 33,5% від загальної кількості.

Аналіз показує, що загальні витрати енергії на виробництво зерна кукурудзи і цукрових буряків зростають значно більшими темпами, ніж їх продуктивність, що значно підвищило енергетичну вартість цих культур порівняно з іншими. На 1 т кормопротеїнових одиниць у врожаї основної і побічної продукції кукурудзи витрачено 5,4, цукрових буряків 4,8 Гдж енергії проти 3,8-4,4 при виробництві інших культур.

Співставлення одержаної у врожаї культур енергії до витраченої показало, що найменшу енергетичну ефективність мало виробництво цукрових буряків. На 1 Гдж витраченої енергії одержано 3,3 Гдж енергії, що міститься у врожаї коренеплодів і гички. В той же час коефіцієнт енергетичної ефективності при вирощуванні кукурудзи на зерно становив 3,9, гороху - 4,5, вико-вівса - 5,2, коношини - 5,6, ячменю - 6,0, озимої пшениці - 6,3.

Для скорочення енерговитрат і підвищення ефективності виробництва цукрових буряків потрібно переглянути технологію у напрямку скорочення малоефективних операцій, а також вжити заходів до більш раціонального використання добрив, у тому числі

шляхом застосування на добрива побічної продукції рослинництва.

Енергетична ефективність культур у різних сівозмінах значною мірою залежала від частки їх у різних сівозмінах. Так, при збільшенні частки цукрових буряків з 20 до 30% коефіцієнт енергетичної ефективності зменшився у плодозмінній сівозміні (вар. 2 і 21) з 3,3 до 3,1, в просапній (вар. 14 і 16) з 3,2 до 3,0. На енергетичну ефективність озимої пшениці певною мірою вплинула заміна в сівозміні ланки ячмінь-коноюшина-озима пшениця (вар. 2) ланкою кукурудза на зерно-кукурудза на силос-озима пшениця (вар. 14 і 16), коли коефіцієнт енергетичної ефективності знизився з 6,3 до 5,3-5,9 (табл. 3).

Таблиця 3. Енергетична ефективність вирощування культур залежно від структури сівозмін та фону удобрення

Варіанти	Вико-овес	Конюшина	се CO ЦД >> а ы ФД	оз О Ч s	Озима пшениця	Ячмінь	Горох	Кукурудза на зерно	Цукрові буряки
2	5,2	5,6	-	-	6,3	6,0	4,5	3,9	3,3
12	5,3	-	-	-	6,3	5,3	3,6	4,0	3,3
14	5,3	-	5,6	-	5,3	-	4,2	4,1	3,2
16	5,3	-	6,1	-	5,9	-	4,1	5,7	3,0
21	5,3	5,7	-	-	6,4	6,0	4,2	-	3,1
1	5,5	6,0	-	-	4,6	5,8	4,4	-	-
3	4,5	5,0	-	-	6,0	4,7	3,3	-	2,8
18	4,7	-	5,3	-	5,2	-	3,4	5,2	2,3

Але найбільше зниження ефективності вирощування озимої пшениці було при збільшенні питомої ваги цієї культури в сівозміні до 60% (вар. 1).

На неудобреному фоні ефективність вирощування усіх культур була значно нижча, ніж фоні добрив. При цьому реакція культур на зміну фону удобрення в різних за структурою сівозмінах була неоднаковою. Так, в плодозмінній сівозміні, при наявності поля багаторічних трав, виключення добрив знизило коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування озимої пшениці лише на 0,3 пункта, в той же час в просапній сівозміні без багаторічних трав зниження К.е.е. було значно більшим (0,7 пункта). Аналогічна за-

кономірність спостерігалась при вирощуванні цукрових буряків. При відсутності добрив різко знизився коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва ячменю і гороху.

Насичення сівозмін високопродуктивними просапними культурами забезпечувало, з одного боку, підвищення продуктивності сівозмін, а з іншого, супроводжувалось додатковими витратами енергетичних ресурсів. Якщо в зерно-трав'яній сівозміні (вар. 1) витрати енергії на вирощування і збирання культур із розрахунку на 1 га ріллі становили 24,3 Гдж, то в плодозмінній і просапній - більше відповідно на 23 і 36% (табл. 4). При цьому витрати енергії зростали більш інтенсивно, ніж продуктивність сівозмін. В результаті енергоємність 1 т кормопротеїнових одиниць продукції, одержаної в просапній сівозміні була дещо вища, ніж в плодозмінній (4,67 Гдж проти 4,54, табл. 5).

Аналіз структури витрат показує, що в зерно-трав'яній сівозміні витрати енергії на насіння, добрива і пальне майже однакові в загальній кількості енерговкладень (27,6-27,4%). Водночас в плодозмінній і просапній сівозмінах витрати на пальне були більшими в 1,6-1,9 рази і займали в структурі витрат 35,9 і 39%.

Таблиця 4. Структура витрат енергії на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Статті витрат	Варіанти					
		2		16		1	
		Гдж	%	Гдж	%	Гдж	%
1	Машини і обладнання	4,38	14,7	5,38	16,3	3,08	12,7
2	Насіння	4,92	16,5	3,91	11,8	6,72	27,6
3	Добрива	6,71	22,4	6,71	20,4	6,71	27,6
4	Пальне і електроенергія	10,73	35,9	12,86	39,0	6,82	28,0
5	Пестициди	0,37	1,2	0,54	1,6	0,05	0,2
6	Праця людей	2,74	9,1	3,50	10,6	0,99	4,1
7	Відновлення родючості ґрунту	0,50	0,2	0,9	0,3	-	-
Всього		29,91	100	32,99	100	24,3	100

Тому важливе значення мають заходи, спрямовані на зниження витрат пального і загальних енерговитрат. Серед таких заходів є застосування системи комбінованого обробітку ґрунту в сівозміні, яка забезпечує зниження енерговитрат на 35% порівняно з різноглибинною оранкою. Слід зазначити, що науковці станції

одними з перших запропонували поверхневий обробіток під озиму пшеницю замість звичайної оранки. Важливим резервом скорочення споживання пального є застосування тракторів і комбайнів з двигунами з більш економним витрачанням пального, а також комбінованих агрегатів, що забезпечують суміщення технологічних операцій.

При вирощуванні сільськогосподарських культур використовується енергія потенційної родючості ґрунту. При цьому об'єм використання може перевищувати рівень, при якому агросистема втрачає стійкість і знижує продуктивність. Щоб цього не відбулося, витрати енергії родючості ґрунту повинні компенсуватись вкладеннями енергії.

Серед показників родючості ґрунту найважливішим є вміст гумусу, який може значно змінюватись залежно від структури сівозміни. Відомий ґрунтознавець В. А. Ковда (1973) відмічав, що агроценоз повинен не тільки давати товарну продукцію, але й відновлювати родючість ґрунту, запасати енергію в гумусі. На думку Т. Н. Кулаківської (1983), при втраті гумусу ґрунт втрачає найбільш цінну частину своєї енергії, яка забезпечує умови для фотосинтезу.

Дослідження станції показали, що вміст гумусу в ґрунті, відібраному в двох полях дослід у 1972-1973 рр. і через 22 роки змінився неістотно: у вар. 2 - знизився на 0,06%, а в вар. 1 - зріс на 0,04%. Такі малі зміни ми пояснюємо низькими вихідними запасами гумусу.

Втрати обмінного калію за вказаний період становили 0,8-3,2 мг/100 г ґрунту, а запаси рухомого фосфору помітно зросли. Тому витрати енергії на відновлення родючості ґрунту становили лише 0,5-1,2 Гдж/га і займали в структурі витрат 0,2-0,5%.

Біоенергетична ефективність сівозмін була найвищою у варіанті з зерно-трав'яною сівозміною, де на кожний витрачений Гдж енергії одержано 4,8 Гдж, що пояснюється порівняно низькими витратами енергії при вирощуванні зернових і кормових культур суцільного способу сівби. При насиченні сівозмін просапними культурами в результаті збільшення витрат коефіцієнт енергетичної ефективності в плодозмінній і просапній сівозмінах знижувався до 4,75 і 4,24.

Таким чином, збільшення питомої ваги у сівозмінах високоефективних просапних культур, у тому числі цукрових буряків, забезпечує підвищення продуктивності сівозмін, але при цьому ще більш інтенсивно зростають витрати енергії на виконання техноло-

Таблиця 5. Біоенергетична ефективність сівозмін

Варіанти	Витрачено енергії, Гдж/га	Вихід з 1 га		Енергосмікість ІТК - пр. од.	Енергетичний коефіцієнт
		кормопротеїнови х одиниць, Т	енергії, Гдж		
2	29,9	6,58	136,8	4,54	4,57
12	29,8	66,8	134,0	4,47	4,50
13	31,8	68,2	138,2	4,66	4,34
16	33,0	70,6	139,6	4,67	4,24
21	30,5	68,7	134,3	4,44	4,40
1	24,3	47,5	116,8	5,01	4,80
3	22,6	48,9	100,7	4,62	4,47
18	22,5	48,3	98,5	4,65	4,38

гічних процесів, тому біоенергетична ефективність сівозмін децю знижується порівняно з сівозмінами, насиченими зерновими культурами суцільного способу сівби. Для підвищення ефективності сівозмін потрібно вжити заходів до зменшення обсягів витрачання енергії, особливо пального, та збільшити продуктивність культур. Це можна досягти шляхом використання нових високопродуктивних сортів і гібридів рослин з поліпшеною архітектонікою; застосувати мінімалізацію обробітку ґрунту, в тому числі систему комбінованого обробітку в сівозміні, а також трактори і комбайни з двигунами, що економно витрачають пальне, та комбінованих агрегатів для суміщення технологічних операцій. Важливе значення має раціональне використання добрив, у тому числі використання на добриво побічної продукції рослинництва.