

УДК 631.81.620.952
© 2013

В.В. Іваніна,
кандидат сільсько-
господарських наук
Інститут
біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН

РОЛЬ ДОБРИВ У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Проаналізовано вплив систем удобрення на енергетичну ефективність агротехнологій в умовах зерно-бурякової сівозміни. За насичення сівозміни просапними і бобовими культурами енергетично найефективнішою була альтернативна органо-мінеральна система удобрення (побічна продукція + $N_{50}P_{66}K_{66}$).

Ключові слова: агротехнології, енергетична ефективність, сівозміна, система удобрення.

Питання енергетичної ефективності займає дедалі важливіше місце в плануванні аграрного виробництва. Сучасні агротехнології формуються на засадах стабілізації енергетичного балансу ґрунту та максимального використання і трансформації енергії сонця в сільськогосподарську продукцію [5–7].

Одним з найвагоміших чинників впливу на баланс енергії в агроекосистемах є система удобрення. Її вибір впливає на перебіг енергетичних потоків у системі ґрунт — рослина, нормує обсяги надходження енергії в ґрунт, визначає характер її перерозподілу та зберігання. Формування сталих основ аграрного виробництва нині неможливе без запровадження енергоощадних та екологічно спрямованих систем удобрення [1, 3].

Ряд учених вважає, що зменшення енергетичного навантаження на ґрунт можна досягти із запровадженням заходів біологізації землеробства. Використання на добриво побічної продукції сприяє швидкому відновленню енергетичних запасів органічної речовини ґрунту та мінімілізує енергетичне біоенне навантаження через рециркуляцію та зменшення обсягів виводу біогенних елементів з ґрунту [3, 4, 6].

Мета досліджень — вивчення енергетичної ефективності агротехнологій вирощування культур в умовах зерно-бурякової сівозміни залежно від системи удобрення.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження здійснювали в умовах стаціонарного польового дослідження (1996–2007 рр.) на Білоцерківській дослідно-селекційній станції впродовж III ротації зерно-бурякової сівозміни. Ґрунт дослідного поля — чорнозем типовий вилугуваний середньосуглинковий. Агрохімічна характеристика орного (0–30 см) шару ґрунту: уміст гумусу за Тюрнімом — 3,6–3,9%, лужногідролізованого азоту за Корнфільдом — 120–140 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору та обмінного калію за Чиріковим — відповідно 130–150 та 50–

70 мг/кг ґрунту, гідролітична кислотність за Каппеном — 1,71 мг-екв/100 г ґрунту.

Площа облікової ділянки — 100 м², повторність — 3-разова. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для цієї зони.

Чергування культур у 10-пільній сівозміні (III ротація): ячмінь ярий — редька олійна — пшениця озима — буряки цукрові — горох — пшениця озима — буряки цукрові — кукурудза на зелений корм — пшениця озима — буряки цукрові.

Мінеральні добрива вносили під усі культури сівозміни, крім редьки олійної: ячмінь ярий ($P_{60}K_{60}$), пшеницю озиму ($N_{40}P_{60}K_{60}$), буряки цукрові ($N_{80}P_{100}K_{100}$), горох ($N_{40}P_{60}K_{60}$), кукурудзу на зелений корм ($N_{100}P_{60}K_{60}$), органічні — під буряки цукрові в нормі 30 т/га. У варіанті 4 на добриво заорювали побічну продукцію: солону пшениці озимої та гороху, гичку буряків цукрових.

Енергетичну ефективність агротехнологій розраховували за методикою О.К. Медведовського [2]. Енергетичний баланс ґрунту в сівозмінах визначали за сумою показників енергетичного балансу гумусу (на основі динаміки його запасів у ґрунті) та елементів живлення (порівнюючи джерела надходження елементів живлення у ґрунт та використання їх рослинами) упродовж ротації зерно-бурякової сівозміни.

Оцінку агротехнологій здійснювали за коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}) (співвідношення енергоємності врожаю до витрат енергії на його отримання) та коефіцієнтом енергетичної ефективності з урахуванням змін енергопотенціалу ґрунту (K_{eer}) (витратна частина містила баланс енергії ґрунту).

Результати досліджень свідчать про те, що система удобрення активно впливала на здатність культур акумулювати й трансформувати сонячну енергію в енергію врожаю. Найменші показники енергоємності врожаю спостерігали у варіанті без добрив у середньому за

1. Енергетична оцінка агротехнологій вирощування культур у 10-пільній зерно-бурякової сівозміні за різних систем удобрення (БДСС, 1996–2007 рр.)

Варіант	Унесено на 1 га сівозмінної площі	Показник	Однієї виміру	Резька оліїна 1996–1998 рр.	Пшениця озима 1997–1999 рр.	Буряки цукрові 1998–2004 рр.	Горіх 1999–2001 рр.	Пшениця озима 2000–2002 рр.	Буряки цукрові 2001–2003 рр.	Кукурудза на зеленій корм 2002–2004 рр.	Пшениця озима 2003–2005 рр.	Буряки цукрові 2004–2006 рр.	Ячмінь ярий 2005–2007 рр.	У середньому на 1 га сівозміні
11	Без добрив	Енергоємність урожаю	ГДж/га	64,9	80,8	89,5	45,4	98,6	54,8	107,2	84,1	44,1	61,0	73,0
		Енерговитрати на 1 га	»	13,8	14,7	21,4	12,1	15,9	18,2	19,6	15,1	16,7	13,1	16,1
		Кеє	»	4,7	5,5	4,2	3,8	6,2	3,0	5,5	5,6	2,6	4,7	4,5
2	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	Енергоємність урожаю	ГДж/га	76,6	108,9	217,5	67,5	116,3	161,9	163,8	130,6	206,8	93,4	134,3
		Енерговитрати на 1 га	»	15,4	23,2	45,2	15,8	24,0	33,8	28,7	25,7	43,5	16,8	27,2
		Кеє	»	5,0	4,7	4,8	4,3	4,9	4,8	5,7	5,1	4,8	5,6	4,9
4	Побічна продукція + N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	Енергоємність урожаю	ГДж/га	84,4	104,2	217,9	68,7	123,3	171,5	170,5	138,3	230,7	99,1	140,9
		Енерговитрати на 1 га	»	16,3	22,3	45,0	15,8	25,0	34,6	30,1	26,6	45,7	17,4	27,9
		Кеє	»	5,2	4,7	4,8	4,4	4,9	5,0	5,7	5,2	5,1	5,7	5,1
13	9 т/га гною + N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	Енергоємність урожаю	ГДж/га	98,7	113,4	231,6	71,7	131,0	179,3	174,5	140,3	223,0	103,7	146,7
		Енерговитрати на 1 га	»	17,7	22,6	66,2	16,0	25,8	56,4	31,4	26,9	64,8	18,2	34,6
		Кеє	»	5,6	5,0	3,5	4,5	5,1	3,2	5,6	5,2	3,4	5,7	4,2

2. Зміна енергопотенціалу шару чорнозему типowego вилугуваного середньосуглинкового 0–40 см за період ротації зерно-бурякової сівозміни (БДСС, 1996–2006 рр.)

Варіант	Унесено на 1 га сівозмінної площі	Запаси гумусу, т/га		Баланс, ± кг			Баланс енергії, ± ГДж/га сівозміни			Зміна енергії ґрунту, ± ГДж/га сівозміни	
		1996	2006	N	P	K	гумусу	N	P		K
11	Без добрив	162,2	151,3	-772	-262	-622	-25,1	-6,7	-0,3	-0,5	-32,6
2	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	166,9	157,7	-787	+227	-484	-21,2	-6,8	+0,3	-0,4	-28,1
4	Побічна продукція + N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	173,3	171,5	-503	+298	-54	-4,1	-4,4	+0,4	-0,1	-8,2
13	9 т/га гною + N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	171,0	168,1	-453	+414	-40	-6,7	-3,9	+0,5	0	-10,1

10-пільною сівозміною — 73 ГДж/га. Співвідношення енергоємності врожаю до енерговитрат (К_е) становило 4,5. Буряки цукрові за низької врожайності та високого рівня технологічних витрат мали найнижчий К_е — 2,6–4 (табл. 1).

Запровадження мінеральної системи удобрення (N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни) збільшило енергоємність урожаю вирощуваних культур порівняно з контролем у середньому в сівозміні на 61,3, енерговитрати — 11,1 ГДж/га. Зростання енергоємності врожаю на 1 ГДж енерговитрат на внесення мінеральних добрив у середньому в сівозміні становило 5,5 ГДж. При цьому К_е агротехнологій порівняно з контролем збільшився на 0,4.

Найенергозатратнішим було вирощування культур, які потребували підвищених норм внесення мінеральних добрив: буряки цукрові — 33,8–44,6 ГДж/га, кукурудза на зелений корм — 28,7 ГДж/га, пшениця озима — 23–26,7 ГДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої зменшувався порівняно з контролем на 0,5–1,3, що можна пояснити досить швидким зростанням технологічних енерговитрат порівняно з темпами зростання енергії врожаю. За вирощування інших культур зерно-бурякової сівозміни підвищувалася енергетична ефективність. Особливо помітним було зростання К_е буряків цукрових порівняно з контролем на 0,6–2,2, що зумовлено стрімким зростанням урожайності у 2,3–4,7 раза.

Неоднозначний вплив на енергетичну ефективність агротехнологій мали органо-мінеральні системи удобрення. Традиційна органо-мінеральна система (9 т гною + N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни) істотно збільшувала енерговитрати на внесення гною. Це призвело до зростання енерговитрат у середньому в сівозміні на 7,4 ГДж/га порівняно з мінеральною системою удобрення. Водночас енерговіддача від унесення органічних добрив залишалася низькою. На 1 ГДж енерговитрат на внесення гною приріст енергії врожаю в середньому в сівозміні становив 1,7 ГДж/га.

Серед культур сівозміни найменшу енергетичну ефективність за традиційної органо-мінеральної системи удобрення мали буряки цукрові. Унесення під цю культуру 30 т/га гною на фоні мінеральних добрив збільшило енерговитрати порівняно з мінеральною системою удобрення на 21–22,6 ГДж/га, що знизило коефіцієнти енергетичної ефективності на 1,3–1,6. Культури, які використовували післядню органічних добрив, зберігали зростання К_е порівняно з мінеральною системою удобрення в межах 0,1–0,6.

Енергетично ефективним в обох сівозмінах було застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція + N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни). Порівняно з мінеральною системою удобрення зростання енерговитрат було незначним (на 0,5–0,7 ГДж/га сівозмінної площі), що пов'язано переважно зі збиранням додаткового врожаю, водночас енергоємність урожаю в середньому в сівозміні зросла на 6,6 ГДж/га. На 1 ГДж енерговитрат на заорювання побічної продукції приріст енергії врожаю в середньому в сівозміні становив 9,4 ГДж/га.

Запровадження альтернативної органо-мінеральної системи удобрення збільшило середньозважений К_е у 10-пільній сівозміні на 0,2 порівняно з мінеральною системою. Цьому сприяло поліпшення умов мінерального живлення внаслідок мінералізації побічної продукції і зростання продуктивності культур, що не потребувало значного збільшення енерговитрат.

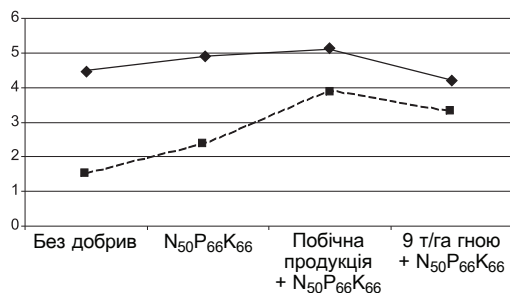
За використання альтернативної системи удобрення підвищився К_е агротехнологій у зерно-буряковій сівозміні на 0,9 порівняно з традиційною органо-мінеральною системою, що було досягнуто за значного зменшення енерговитрат, пов'язаних з унесенням гною.

Системи удобрення мали неоднозначний вплив на баланс енергії ґрунту. У 10-пільній сівозміні з високою часткою просапних культур (40%) та низькою бобових (10%) баланс енергії чорнозему типового вилугуваного коливався з –8,1 до –32,7 ГДж/га сівозміни (табл. 2).

Основним джерелом втрат енергоємності ґрунту була енергія гумусу. Найпомітнішими втрати енергії гумусу були у варіанті без добрив та за мінеральної системи удобрення — відповідно –25,1 та –21,2 ГДж/га сівозміни. Втрати енергії біогенних елементів порівняно з енергією гумусу у варіанті без добрив були меншими в 3,4 раза, за мінеральної системи удобрення — 3,1 раза.

Застосування органо-мінеральних систем удобрення поліпшувало енергетичний баланс ґрунту за органічною речовиною та біогенними елементами. Баланс енергії ґрунту порівняно з контролем збільшився за органічною речовиною в 3,8–6,1 раза, біогенними елементами — 1,9–2,2 раза.

У зерно-буряковій сівозміні з часткою просапних культур 40% (зокрема буряків цукрових — 30%), бобових — 10% за обох систем органо-мінерального удобрення не вдалося досягти енергетичної стабільності ґрунту. Під час вирощування культур відбувалося зменшення



Енергетична ефективність агротехнологій без урахування Кеє та з урахуванням Кеє змін балансу енергії ґрунту (БЦДСС, 1996–2006 рр.): —◆— Кеє; —■— Кеєг

енергетичних запасів чорнозему типового вилугуваного за альтернативної системи удобрення на 8,2, традиційної — 10,1 ГДж/га сівозміни. Основними джерелами втрат енергії були енергія гумусу — 4,1–6,7 та енергія азоту ґрунту — 3,9–4,4 ГДж/га сівозміни.

Аналіз енергетичної ефективності агротехнологій за показником Кеєг (витратна частина містила баланс енергії ґрунту) показав, що абсолютна величина цього показника залишалася

ся на досить низькому рівні — від 1,5 у варіанті без добрив — до 3,9 за альтернативної системи удобрення (побічна продукція + N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни). За градацією Ю.О. Тараріка [6], усі системи удобрення забезпечували низький рівень енергетичної ефективності агротехнологій (рисунк).

У зерно-бураковій сівозміні з високою часткою просапних культур (40%) та низькою бобових (10%) жодна із систем удобрення не забезпечувала розширеного відтворення енергії ґрунту. Це зумовило зниження показників Кеєг у варіантах досліду порівняно з показниками Кеє на 0,9–3,0.

Енергетично найефективнішою була альтернативна органічно-мінеральна система удобрення (побічна продукція + N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни). Відсутність додаткових енерговитрат на заорювання в ґрунт побічної продукції та значне поліпшення енергетичного балансу ґрунту забезпечили найвищі показники Кеєг — 3,9, що порівняно з традиційною органічно-мінеральною системою (9 т гною + N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни) було більше на 0,6, мінеральною (N₅₀P₆₆K₆₆ на 1 га сівозміни) — 1,5.

Висновки

Енергетично найефективнішою була альтернативна органічно-мінеральна система удобрення. Енерговитрати становили 27,9, енергоємність урожаю — 140,9 ГДж/га сівозміни, Кеє — 5,1, Кеєг — 3,9. На 1 ГДж енерговитрат від заорювання побічної продукції приріст енергії врожаю в середньому в сівозміні становив 9,4 ГДж/га. Використання традиційної системи органічно-мінерального удобрення на основі гною не забезпечило значного зростання продуктивності сівозміни (146,7 ГДж/га сівозмінної площі), натомість різко збільшило енерговитрати (34,6 ГДж/га

сівозмінної площі), що призвело до зниження Кеє до 4,2, Кеєг — 3,3. На 1 ГДж енерговитрат на внесення гною приріст енергії врожаю в середньому в сівозміні становив 1,7 ГДж/га. Запровадження мінеральної системи удобрення призвело до значних втрат енергії ґрунту (28,1 ГДж/га сівозміни), що знижувало енергетичну ефективність агротехнологій. Енерговитрати становили 27,2, енергоємність урожаю — 134,3 ГДж/га сівозміни, Кеє — 4,9, Кеєг — 2,4. На 1 ГДж енерговитрат на внесення мінеральних добрив приріст енергії врожаю в середньому в сівозміні становив 5,5 ГДж/га.

Бібліографія

- Бука А.Я. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобережному Лісостепу/А.Я. Бука, А.В. Дружченко//Вісн. аграр. науки. — 2002. — № 3. — С. 13–15.
- Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві/О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. — К.: Урожай, 1988. — 205 с.
- Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві/В.М. Польовий. — Рівне: Волинські обереги, 2007. — 320 с.
- Рогальський С.В. Відтворення енергетичного

потенціалу ґрунту у Лісостепу/С.В. Рогальський//Вісник аграр. науки. — 2001. — № 4. — С. 75–76.

5. Сінченко В.М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного базису/В.М. Сінченко//Вісн. аграр. науки. — 2004. — № 11. — С. 14–17.

6. Тараріко Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем/Ю.А. Тараріко. — К.: ДИА, 2007. — 560 с.

7. Цвей Я.П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційних сівозмін/Я.П. Цвей//Зб. наук. пр. ІБКЦБ. — 2011. — Вип. 12. — С. 46–55.

Надійшла 11.01.2013