



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.81.620.952

© 2016

В.В. Іваніна,

*доктор сільсько-
господарських наук*

*Інститут
біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН*

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В РІЗНОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Мета. Вивчити зв'язок між енергетичною ефективністю агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур у зерно-буряковій сівозміні, її структурою та системою удобрення.

Методи. Системний аналіз, довготривалий польовий, розрахунковий з визначення енергетичної ефективності за методикою О.К. Медведовського. **Результати.** Показано енергетичну ефективність агротехнологій залежно від біологізації системи удобрення, насичення сівозміни бобовими та просапними культурами. **Висновки.** Найвищої енергетичної ефективності агротехнологій досягнуто у 6-пільній сівозміні (просапних — 16,7%, бобових — 33%) за застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення ($N_{43}P_{43}K_{43}$ + побічна продукція): енергоємність врожаю — 129,8 ГДж/га, енерговитрати — 28,6 ГДж/га, $K_{e,e}$ — 5,4, $K_{e,e,r}$ — 6,2. Зі зростанням частки просапних культур до 40% і зменшенням частки бобових до 10% у 10-пільній сівозміні ефективність агротехнологій за показником $K_{e,e}$ зменшилась — на 0,3, $K_{e,e,r}$ — на 2,3.

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

Питання енергетичної ефективності займає дедалі вагоміше місце у плануванні аграрного виробництва. Сучасні агротехнології формуються на засадах стабілізації енергетичного балансу ґрунту і максимального використання та трансформації енергії сонця в сільськогосподарську продукцію [1–3].

Одним із найвагоміших чинників, що впливає на баланс енергії в агроecosистемах, є система удобрення. Вибір системи удобрення визначає перебіг енергетичних потоків у системі ґрунт — рослина, нормує обсяги надходження енергії в ґрунт, забезпечує її перерозподіл

і зберігання. Нині формування сталих засад аграрного виробництва неможливе без запровадження енергоощадних і екологічно спрямованих систем удобрення [4–6].

Дехто з учених вважає, що зменшення енергетичного навантаження на ґрунт можна досягти завдяки заходам біологізації. Застосування на добриво побічної продукції сприяє швидкому відновленню енергетичних запасів органічної речовини ґрунту, мінімізує енергетичне біоенне навантаження за рахунок рециркуляції та зменшення обсягів виводу біогенних елементів із ґрунту [7–9].

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

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили в умовах стаціонарного польового досліді (1996–2013 рр.) Білоцерківської дослідно-селекційної станції (БЦДСС) упродовж III та IV ротацій зерно-бурякової сівозміни. Ґрунт дослідного поля — чорнозем типовий вилучуваний середньосуглинковий. Агротехнічна характеристика орного (0–30 см) шару ґрунту: вміст гумусу за Тюрнімом — 3,6–3,9%, лужногідролізованого азоту за Корнфілдом — 120–140 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору та 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 — буряки цукрові; 6-пільній реформованій (IV ротація): ячмінь ярий + конюшина — конюшина — пшениця озима — вико-овес — пшениця озима — буряки цукрові.

Мінеральні добрива у III ротації вносили під усі культури сівозміни, крім редьки олійної: ячмінь ярий (P₆₀K₆₀), пшеницю озиму (N₄₀P₆₀K₆₀), буряки цукрові (N₈₀P₁₀₀K₁₀₀), горох (N₄₀P₆₀K₆₀), кукурудзу на зелений корм (N₁₀₀P₆₀K₆₀); IV — буряки цукрові (N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀), пшеницю озиму (N₆₀P₆₀K₆₀), конюшину (N₄₀P₄₀K₄₀). Органічні добрива вносили під буряки цукрові в дозі 30 т/га (III ротація) та 50 т/га (IV ротація).

Енергетичну ефективність агротехнологій розраховували за методикою О.К. Медведовського [10]. Енергетичний баланс ґрунту в сівозмінах визначали за сумою показників енергетичного балансу гумусу (на основі динаміки його запасів у ґрунті) та елементів живлення (зіставляючи джерела надходження елементів живлення у ґрунт та використання їх рослинами) упродовж двох ротацій зерно-бурякової сівозміни.

Оцінку агротехнологій проводили за коефіцієнтом енергетичної ефективності

(K_{е.е}) — співвідношення енергоємності врожаю та енергії технологічних витрат і коефіцієнтом енергетичної ефективності з урахуванням змін енергопотенціалу ґрунту (K_{е.е.ґ}) (до витратної частини включено баланс енергії ґрунту).

Результати досліджень та їх обговорення. Проведені розрахунки свідчать, що здатність культур до акумуляції сонячної енергії залежала від системи удобрення та структури сівозміни. Найменші показники енергоємності врожаю отримали на контролі без добрив у середньому у 10-пільній сівозміні — 73, 6-пільній — 74,7 ГДж/га. Співвідношення енергоємності врожаю і енерговитрат становило відповідно 4,5 та 5,3. Буряки цукрові через низьку врожайність і високий рівень технологічних витрат в обох сівозмінах мали низький коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{е.е}): 10-пільній — 2,6–4,0, 6-пільній — 4,2 (табл. 1, 2).

Застосування мінеральних добрив (N_{43–50}P_{43–66}K_{43–66} на 1 га сівозміни) збільшило енергоємність врожаю порівняно з контролем без добрив у середньому у 10-пільній сівозміні — на 61,3, 6-пільній — на 42,9 ГДж/га, енерговитрати — відповідно на 11,1 та 8,3 ГДж/га. Зростання енергоємності врожаю на 1 ГДж енерговитрат на внесення добрив у середньому у 10-пільній сівозміні становило 5,5 ГДж, 6-пільній — 5,2 ГДж. Водночас коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнологій порівняно з контролем без добрив у 10-пільній сівозміні підвищився на 0,4, 6-пільній залишався на рівні контролю.

Найбільше енерговитрат потребували культури, під які вносили підвищені дози мінеральних добрив: буряки цукрові — 33,8–44,6 ГДж/га, кукурудза на зелений корм — 28,7, пшениця озима — 23,0–26,7 ГДж/га. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої за внесення мінеральних добрив в обох сівозмінах зменшився порівняно з контролем без добрив на 0,7–1,2, що можна пояснити швидким зростанням технологічних енерговитрат порівняно з енергією врожаю. Решта культур зерно-бурякових сівозмін зберігала зростання енергетичної ефективності агротехнологій.

За внесення мінеральних добрив найпомітніше зростав K_{е.е} буряків цукрових. Порівняно з контролем без добрив у 10-пільній сівозміні K_{е.е} підвищився на 0,6–2,2, 6-пільній — на 0,4, що зумовлено стрімким ростом урожайності — у 2,3–4,7 раза.

Неоднозначний вплив на енергетичну

1. Енергетична оцінка агротехнологій вирощування культур у 10-пільній зерно-буряковій сівозміні за різних систем удобрення, БЦДСС (за роками), ГДж/га

№ варіанта	Внесено на 1 га сівозмінної площі	Показник	Редька олійна (1996–1998)	Пшениця озима (1997–1999)	Буряки цукрові (1998–2004)	Горіх (1999–2001)	Пшениця озима (2000–2002)	Буряки цукрові (2001–2003)	Кукурудза на зелений корм (2002–2004)	Пшениця озима (2003–2005)	Буряки цукрові (2004–2006)	Ячмінь ярий (2005–2007)	У середньому на 1 га сівозміни
11	Без добрив	Енергоємність врожаю	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
		$K_{e,e}$	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 врожаю	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
		$K_{e,e}$	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 врожаю	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
		$K_{e,e}$	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 врожаю	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
		$K_{e,e}$	5,6	5,0	3,5	4,5	5,1	3,2	5,6	5,2	3,4	5,7	4,2

ефективність агротехнологій мали органо-мінеральні системи удобрення. Традиційна органо-мінеральна система удобрення ($N_{43-50}P_{43-66}K_{43-66} + 8,3-9$ т гною на 1 га сівозміни) істотно підвищила енерговитрати на внесення гною, що збільшило енерговитрати в середньому у 10-пільній сівозміні порівняно з внесенням мінеральних добрив — на 7,4, 6-пільній — на 6,3 ГДж/га. Натомість енерговіддача від внесення органічних добрив залишалася низькою. На 1 ГДж енерговитрат на внесення гною приріст енергії врожаю в середньому у 10-пільній сівозміні становив 1,7, 6-пільній — 1,9 ГДж/га.

Серед культур сівозміни найменшу енергетичну ефективність за традиційної органо-мінеральної системи удобрення мали буряки цукрові. Додаткове внесення під цю культуру у 10-пільній сівозміні 30 т/га гною, 6-пільній — 50 т/га гною збільшило енерговитрати порівняно з внесенням мінеральних добрив — відповідно на 21,0–22,6 та 33 ГДж/га. Внаслідок цього $K_{e,e}$ агротехнологій у сівозміні зменшився відповідно на 1,3–1,6 та 1,6.

Культури, які використовували післядію органічних добрив, зберігали зростання $K_{e,e}$ порівняно з мінеральною системою удобрення в межах 0,1–0,6, за винятком кукурудзи на зелений корм, де він зменшувався на 0,1.

Високу енергетичну ефективність в обох сівозмінах виявила альтернативна органо-мінеральна система удобрення ($N_{43-50}P_{43-66}K_{43-66} +$ побічна продукція на 1 га сівозміни). Поєднане застосування мінеральних добрив і побічної продукції порівняно з внесенням лише мінеральних добрив незначно підвищило енерговитрати (на 0,5–0,7 ГДж/га сівозмінної площі), пов'язане, в основному, зі збиранням додаткового врожаю. Натомість енергоємність врожаю в середньому у 10-пільній сівозміні істотно зроста — на 6,6, 6-пільній — 4,7 ГДж/га. На 1 ГДж енерговитрат на заорювання побічної продукції приріст енергії врожаю у середньому в обох сівозмінах становив 9,4 ГДж/га.

Застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення порівняно з внесенням мінеральних добрив збільшило

2. Енергетична оцінка агротехнологій вирощування культур у 6-пільній зерно-буряковій сівозміні за різних систем удобрення, БЦДСС (за роками), ГДж/га

№ варіанта	Внесено на 1 га сівозмінної площі	Показник	Вико-овес (2006–2008)	Пшениця озима (2007–2009)	Буряки цукрові (2008–2010)	Ячмінь ярій (2009–2011)	Конюшина (2010–2012)	Пшениця озима (2011–2012)	У середньому на 1 га сівозміни
11	Без добрив	Енергоємність врожаю	79,0	91,5	89,4	46,8	57,7	83,6	74,7
		Енерговитрати на 1 га	11,9	15,5	21,2	11,7	8,5	14,9	14,0
		$K_{e,e}$	6,6	5,9	4,2	4,0	6,8	5,6	5,3
2	$N_{43}P_{43}K_{43}$	Енергоємність врожаю	104,2	121,6	204,3	78,4	78,4	118,7	117,6
		Енерговитрати на 1 га	14,2	25,8	44,6	14,2	10,3	24,4	22,3
		$K_{e,e}$	7,3	4,7	4,6	5,5	7,6	4,9	5,3
4	Побічна продукція + $N_{43}P_{43}K_{43}$	Енергоємність врожаю	105,4	125,1	212,5	89,9	81,0	120,0	122,3
		Енерговитрати на 1 га	14,4	26,3	45,9	14,9	10,5	24,6	22,8
		$K_{e,e}$	7,3	4,8	4,6	6,0	7,7	4,9	5,4
13	8,3 т/га гною + $N_{43}P_{43}K_{43}$	Енергоємність врожаю	110,5	126,7	229,2	95,4	86,1	130,6	129,8
		Енерговитрати на 1 га	15,1	26,6	77,6	15,6	10,9	25,8	28,6
		$K_{e,e}$	7,3	4,8	3,0	6,1	7,9	5,1	4,5

$K_{e,e}$ в середньому у 10-пільній сівозміні на 0,2, 6-пільній — 0,1. Цьому сприяло зростання продуктивності культур внаслідок мінералізації побічної продукції і поліпшення умов мінерального живлення на фоні незначних енерговитрат. Порівняно з традиційною органо-мінеральною системою удобрення за заорювання побічної продукції $K_{e,e}$ в обох сівозмінах підвищився на 0,9, що зменшило енерговитрати, пов'язані з унесенням гною.

Підвищенню енергетичної ефективності агротехнологій сприяла реструктуризація зерно-бурякової сівозміни у напрямі зменшення у ній

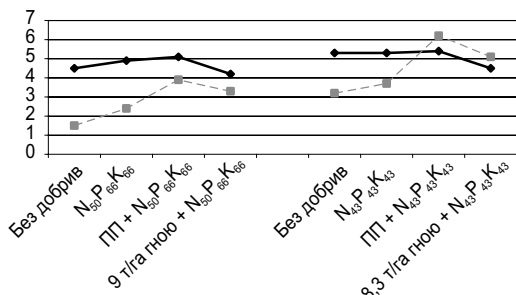
частки просапних культур і збільшення частки бобових. Так, зменшення частки буряків цукрових у 6-пільній сівозміні до 16,7% порівняно з 10-пільною (30%) та зростання частки бобових — відповідно з 10 до 33% знизило енерговитрати на 1 га сівозмінної площі на 2,1 і збільшило середню у сівозміні енергоємність врожаю на 1,7 ГДж/га. $K_{e,e}$ у середньому у 6-пільній сівозміні порівняно з 10-пільною зріс на контролі без добрив на 0,8, за внесення мінеральних добрив — на 0,4, за альтернативної та традиційної органо-мінеральних систем удобрення — на 0,3.

Зменшення у 6-пільній сівозміні порівняно

3. Вплив системи удобрення на баланс енергії чорнозему типового вилугуваного в різних ротаціях зерно-бурякової сівозміни, БЦДСС (за роками)

№ варіанта	Внесено на 1 га сівозмінної площі	Баланс енергії, ± ГДж/га сівозміни						
		III ротація (10-пільна сівозміна, 1996–2006)			IV ротація (6-пільна сівозміна, 2006–2012)			Разом за III–IV ротації
		гумусу	NPK	разом	гумусу	NPK	разом	
11	Без добрив	-25,1	-7,6	-32,7	-11,1	-5,0	-16,1	-48,8
2	$N_{50}P_{66}K_{66}$	-21,2	-6,9	-28,1	-12,7	-3,3	-16,0	-44,1
4	Побічна продукція + $N_{50}P_{66}K_{66}$	-4,1	-4,0	-8,1	+6,5	-1,4	+7,9	-0,2
13	9 т/га гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$	-6,7	-3,4	-10,1	+5,0	+0,3	+5,3	-4,8

Примітка. У IV ротації норма внесення мінеральних добрив — $N_{43}P_{43}K_{43}$, органічних — 8,3 т на 1 га сівозміни.



Енергетична ефективність агротехнологій без урахування ($K_{e,e}$) та з урахуванням ($K_{e,e,r}$) змін енергетичного балансу ґрунту, БЦДСС, 1996–2012 рр.: — $K_{e,e}$; - - $K_{e,e,r}$; ПП — побічна продукція культур

з 10-пільною частки просапних культур і збільшення частки бобових підвищило енергоємність ґрунту. Так, у 10-пільній сівозміні з високою часткою просапних культур (40% просапних, у т.ч. 30% буряків цукрових) та низькою бобових (10%) баланс енергії в чорноземі типовому вилугуваному коливався від $-8,1$ до $-32,7$, 6-пільній (16,7% буряків цукрових, 33% бобових) — від $+7,9$ до $-16,1$ ГДж/га сівозміни. За зменшення частки просапних культур енергоємність ґрунту у зерно-бурякових сівозмінах підвищилася на $12,1$ – $16,6$ ГДж/га сівозмінної площі (табл. 3).

Головним джерелом втрат енергії ґрунту в обох сівозмінах була енергія гумусу. Найвагомішими втрати енергії гумусу визначено на контролі без добрив та за мінеральної системи удобрення: у 10-пільній сівозміні — відповідно $25,1$ і $21,2$, 6-пільній — $11,1$ і $12,7$ ГДж/га сівозміни. Втрати енергії ґрунту за рахунок виносу елементів живлення порівняно з утратою енергії гумусу у 10-пільній сівозміні були меншими — у $3,1$ – $3,3$, 6-пільній — у $2,2$ – $3,9$ раза.

Застосування органічних і мінеральних добрив сприяло стабілізації енергії ґрунту за органічною речовиною та елементами живлення в обох сівозмінах. Баланс енергії ґрунту у 10-пільній сівозміні порівняно з контролем без добрив поліпшився за органічною речовиною у $3,8$ – $6,1$ раза, елементами живлення — у $1,9$ – $2,2$; 6-пільній — відповідно у $2,7$ – $3,2$ та $3,6$ – $4,9$ раза.

Перехід до 6-пільної сівозміни з часткою просапних культур 16,7%, бобових — 33% за органо-мінеральних систем удобрення формував умови розширеного відтворення енергії ґрунту в абсолютному вимірі

$+5,3$ – $7,9$ ГДж/га сівозміни.

Отже, за рахунок сівозмінного чинника зменшення частки просапних культур з 40 до 16,7% та збільшення частки бобових з 10 до 33% у 6-пільній сівозміні порівняно з 10-пільною досягнуто поліпшення енергетичного балансу ґрунту на $5,3$ – $7,9$ ГДж/га сівозміни. Це при тому, що обсяги надходження техногенної енергії у ґрунт у 6-пільній сівозміні були значно меншими: доза гною була зменшена — на $0,7$ т, мінеральних добрив — на $N_7P_{23}K_{23}$ на 1 га сівозміни.

Аналіз енергетичної ефективності агротехнологій за показником $K_{e,e,r}$ (до витратної частини включено баланс енергії ґрунту) свідчить, що абсолютна величина цього показника залежала від структури сівозміни та системи удобрення.

За мінеральної системи удобрення енергетичний потенціал вирощуваних культур формувався не лише за рахунок техногенної енергії та енергії сонця, а й втрат енергії ґрунту. Через значні втрати енергії ґрунту мінеральна система удобрення зменшила показник $K_{e,e,r}$ порівняно з $K_{e,e}$ у 10-пільній сівозміні на $2,5$, 6-пільній — на $1,6$ і була екологічно неефективною. За її застосування $K_{e,e,r}$ у 10-пільній сівозміні становив $2,4$, 6-пільній — $3,7$, що за градацією Ю.О. Тараріко [6] належить до низького рівня ефективності (рисунок).

Органо-мінеральні системи удобрення за еколого-енергетичною оцінкою визначено значно ефективнішими. Застосування органічних і мінеральних добрив підвищило енергоємність урожаю вирощуваних культур на фоні поліпшення енергетичного балансу ґрунту і порівняно з унесенням мінеральних добрив підвищило $K_{e,e,r}$ у 10-пільній сівозміні на $0,9$ – $1,5$, 6-пільній — $1,4$ – $2,5$.

Енергетично найефективнішою визначено систему удобрення, яка поєднувала внесення мінеральних добрив і заорювання побічної продукції. Відсутність додаткових енерговитрат на заробляння у ґрунт побічної продукції та значне поліпшення енергетичного балансу ґрунту забезпечили найвищі показники $K_{e,e,r}$: у 10-пільній сівозміні — $3,9$, 6-пільній — $6,2$. Порівняно з традиційною органо-мінеральною системою удобрення $K_{e,e,r}$ у 10-пільній сівозміні зріс на $0,6$, 6-пільній — $1,1$, що досягалося за рахунок зменшення енерговитрат на внесення гною. У 6-пільній сівозміні за градацією Ю.О. Тараріко було досягнуто високого рівня енергетичної ефективності агротехнологій.

Висновки

Енергетично найефективнішою визнано альтернативну органо-мінеральну систему удобрення ($N_{43-50}P_{43-66}K_{43-66}$ + побічна продукція на 1 га сівозміни): енерговитрати — 22,8–27,9, енергоємність урожаю — 122,3–140,9 ГДж/га сівозміни, $K_{e,e}$ — 5,1–5,4, $K_{e,e,r}$ — 3,9–6,2. На 1 ГДж енерговитрат від зорювання побічної продукції приріст енергії врожаю у середньому в обох сівозмінах становив 9,4 ГДж/га. Застосування традиційної на основі гною системи удобрення ($N_{43-50}P_{43-66}K_{43-66}$ + 8,3–9 т гною на 1 га сівозміни) не забезпечило значного зростання продуктивності сівозміни (129,8–146,7 ГДж/га сівозмінної площі), натомість різко збільшило енерговитрати (28,6–34,7 ГДж/га сівозмінної площі), що призвело до падіння $K_{e,e}$ — до 4,2–4,5, $K_{e,e,r}$ — до 3,3–5,1. На 1 ГДж енерговитрат на внесення гною приріст енергії врожаю у середньому у сівозмінах становив 1,7–1,9 ГДж/га.

Внесення лише мінеральних добрив ($N_{43-50}P_{43-66}K_{43-66}$ на 1 га сівозміни) спричинило значні

втрати енергії ґрунту (18,0–23,9 ГДж/га), що знизило енергетичну ефективність агротехнологій: енерговитрати — 22,3–27,2, енергоємність врожаю — 117,6–134,3 ГДж/га сівозміни, $K_{e,e}$ — 4,9–5,3, $K_{e,e,r}$ — 2,4–3,7. На 1 ГДж енерговитрат на внесення мінеральних добрив приріст енергії врожаю у середньому у сівозмінах становив 5,2–5,5 ГДж/га. Найвищою енергетичною ефективністю агротехнологій досягнуто у 6-пільній сівозміні за внесення $N_{43}P_{43}K_{43}$ + побічна продукція на 1 га сівозміни: $K_{e,e}$ — 5,4, $K_{e,e,r}$ — 6,2. Зменшення у 6-пільній сівозміні порівняно з 10-пільною частки буряків цукрових з 30 до 16,7% та збільшення частки бобових з 10 до 33% підвищувало $K_{e,e}$ та $K_{e,e,r}$: за внесення мінеральних добрив — відповідно на 0,4 та 1,3, альтернативної органо-мінеральної системи удобрення — на 0,3 та 2,3, традиційної — на 0,3 та 1,8. Баланс енергії ґрунту у 6-пільній сівозміні поліпшився порівняно з 10-пільною на 12,1–16,6 ГДж/га.

Бібліографія

1. Сінченко В.М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного базису/В.М. Сінченко//Вісн. аграр. науки. — 2004. — № 11. — С. 14–17.
2. Тарарико Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем/Ю.А. Тарарико. — К.: ДИА, 2007. — 560 с.
3. Цвей Я.П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційних сівозмін/Я.П. Цвей//36. наук. праць ІБКЦБ. — 2011. — Вип. 12. — С. 46–55.
4. Бука А.Я. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобережному Лісостепу/А.Я. Бука, А.В. Друженко//Вісн. аграр. науки. — 2002. — № 3. — С. 13–15.
5. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві/В.М. Польовий. — Рівне: Волинські обереги, 2007. — 320 с.
6. Analyzing Cropping Systems /D.D. Buchholz, L.E. Anderson, Z.R. Hinsel et al. — Columbia, MO: University of Missouri, 1993. — P. 24–37.
7. Рогальський С.В. Відтворення енергетичного потенціалу ґрунту у Лісостепу/С.В. Рогальський//Вісн. аграр. науки. — 2001. — № 4. — С. 75–76.
8. Gellings C.W. Energy efficiency in fertilizer production and use/C.W. Gellings, K.E. Parmenter//Efficient Use and Conservation of Energy. — Eolss Publishers, Oxford, UK. — 2004. — P. 121–136.
9. Helikson H.J. The energy and economics of fertilizers/H.J. Helikson//Energy Efficiency and Environmental News. — Gainesville, University of Florida, 1991. — P. 17–29.
10. Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві/О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. — К.: Урожай, 1988. — 205 с.

Надійшла 11.04.2016.