

УДК: 631.81.620.952

# ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ЗЕРНОБУРЯКОВОЇ СІВОЗМІНИ

ІВАНІНА В.В.,

кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділом агрохімії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

**Вступ.** В умовах сучасного землеробства досить актуальними стають питання, пов'язані з мінімізацією енергетичних витрат при вирощуванні сільськогосподарської продукції. Як вважає ряд дослідників, сучасні агротехнології мають забезпечити енергетичну стабільність ґрунтів, тим самим зберігаючи їх енергетичний потенціал для майбутніх поколінь, і досягати за цих умов мінімальних енергетичних витрат на отримання одиниці продукції [1, 5].

Найбільш вагомим елементом агротехнологій, який впливає на перебіг енергетичних потоків в агроєкосистемах, регулює інтенсивність процесів фотосинтезу, визначає їх енергетичну та економічну ефективність є система удобрення. Вибір системи удобрення дозволяє нор-

мувати обсяги надходження енергії в ґрунт, впливає на її перерозподіл та зберігання. Формування сталих засад аграрного виробництва сьогодні неможливе без запровадження енергоощадних і екологічно-спрямованих систем удобрення, які забезпечують енергетичну стабільність агроєкосистем [3, 4, 6].

Метою наших досліджень було вивчення енергетичної ефективності агротехнологій вирощування культур в умовах зернобурякової сівозміни за різних систем удобрення.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проводили в умовах стаціонарного досліді (1996-2010 рр.) Верхняцької дослідно-селекційної станції, зона нестійкого зволоження Лісостепу України.

Ґрунт дослідного поля характеризується такими фізико-хімічними й агрохімічними показниками: вміст гумусу за Тюрнімом – 3,0-3,6%; гідролітична кислотність за Каппеном – 2,20-3,80 мг-екв./100 г ґрунту; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем – 28,0-30,0 мг-екв./100 г ґрунту; лужногідролізованого азоту за Корнфільдом – 100-120 мг/кг ґрунту; вміст

рухомого фосфору та обмінного калію за Чиріковим – відповідно, 90-140 та 70-100 мг/кг ґрунту.

Чергування культур у плодозмінній зернобуряковій сівозміні (30% просапних, 60% зернових, 20% кормових): ячмінь+конюшина – конюшина – пшениця озима – буряки цукрові – горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – вико-овес – пшениця озима – буряки цукрові. У ґрунт зароблялась побічна продукція усіх культур, крім ячменю ярого, конюшини та вико-вівса. Система удобрення культур подана в таблиці 1.

Площа облікової ділянки – 100 м<sup>2</sup>; повторність – триразова. Агротехніка вирощування культур – загальноприйнята для даної зони.

Енергетичну ефективність агротехнологій розраховували за методикою О.К. Медведовського [2].

**Результати досліджень та їх обговорення.** В дослідженнях, які проводились в умовах зернобурякової сівозміни за основу енергетичної оцінки агротехнологій було взято коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>), який є узагальнюючим показником і відображає співвідно-

Таблиця 1.

Енергетична оцінка агротехнологій вирощування культур зернобурякової сівозміни за різних систем удобрення, ВДСС (1996-2010 рр.)

№ вар.	Внесено на 1 га сівозмінної площі	Показник	Одиниця виміру	Ячмінь ярий 1996-2001 рр.	Конюшина 1997-2002 рр.	Пшениця озима 1998-2003 рр.	Буряки цукрові 1999-2004 рр.	Горох 2000-2005 рр.	Пшениця озима 2001-2006 рр.	Кукурудза на зерно 2002-2007 рр.	Вико-овес 2003-2008 рр.	Пшениця озима 2004-2009 рр.	Буряки цукрові 2005-2010 рр.	В середньому на 1 га сівозміни
1	Без добрив	Енергоємність врожаю	ГДж/га	80,5	68,2	102,1	187,0	60,7	109,6	157,9	71,6	115,1	161,3	111,4
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	14,6	9,3	16,1	24,1	13,1	17,2	21,6	11,4	18,1	22,1	16,8
		К <sub>е</sub>		5,5	7,3	6,3	7,8	4,6	6,4	7,3	6,3	6,4	7,3	6,6
2	N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub>	Енергоємність врожаю	ГДж/га	103,4	71,3	118,0	234,2	65,3	139,6	178,6	83,3	150,6	233,9	137,8
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	17,1	9,6	24,2	44,5	13,8	27,5	32,2	12,2	28,9	44,4	25,4
		К <sub>е</sub>		6,0	7,4	4,9	5,3	4,7	5,1	5,5	6,8	5,2	5,3	5,4
3	Побічна продукція + N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub>	Енергоємність врожаю	ГДж/га	117,7	75,2	121,0	243,2	68,6	138,4	180,8	86,0	150,0	241,3	142,2
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	17,9	10,1	24,0	46,7	13,9	26,7	32,6	13,2	28,7	45,8	26,0
		К <sub>е</sub>		6,6	7,4	5,0	5,2	4,9	5,2	5,5	6,5	5,2	5,3	5,5
5	12 т/га гною + N <sub>50</sub> P <sub>42,5</sub> K <sub>50</sub>	Енергоємність врожаю	ГДж/га	117,1	77,0	123,8	243,0	70,0	141,0	183,3	87,4	149,4	253,4	144,5
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	17,9	10,3	26,4	63,3	14,2	29,6	51,5	13,5	28,6	67,1	32,2
		К <sub>е</sub>		6,5	7,5	4,7	3,8	4,9	4,7	3,5	6,5	5,2	3,8	4,5
12	12 т/га гною + побічна продукція	Енергоємність врожаю	ГДж/га	112,1	73,3	117,8	223,6	71,2	135,8	177,1	93,2	141,6	210,7	135,6
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	17,3	9,8	23,7	39,9	14,6	25,6	36,3	14,0	21,8	37,8	24,1
		К <sub>е</sub>		6,5	7,5	5,0	5,6	4,9	5,3	4,9	6,7	6,5	5,6	5,6

шення енергоємності врожаю до витрат енергії на його отримання. Проведені розрахунки свідчать, що, в середньому по сівозміні, найбільш високий коефіцієнт енергетичної ефективності був у варіанті без добрив – 6,6, змінюючись від 4,6 під горохом до 7,8 під цукровими буряками. Серед культур сівозміни цукрові буряки відзначались найвищою здатністю до акумуляції сонячної енергії. Енергоємність врожаю цієї культури по ланках сівозміни коливалась в межах 161,3–187,0 ГДж/га, що, порівняно з кукурудзою на зерно, було більше на 3,4–29,1 ГДж/га, озимою пшеницею – 59,2–71,9 ГДж/га (табл. 1).

Застосування добрив забезпечило зростання енергоємності врожаю вирощуваних культур, порівняно з контролем, в середньому по сівозміні на 24,2–32,8 ГДж/га, при цьому технологічні витрати зросли на 7,3–15,4 ГДж/га.

Внесення добрив було енергетично й економічно виправданим, однак ефективність енергетичної віддачі від їх застосування була різною і залежала від системи удобрення.

Енергетичний аналіз показав, що за мінеральної системи удобрення ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  на 1 га сівозмінної площі) енергоємність урожаю, в середньому по зернобуряковій сівозміні, порівняно з контролем, зростала на 26,4 ГДж/га, енерговитрати – на 8,8 ГДж/га сівозмінної площі. На один ГДж додаткових енерговитрат на внесення мінеральних добрив приріст енергоємності врожаю в середньому по сівозміні становив 3 ГДж. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнологій, порівняно з контролем, знизився на 1,2.

Найбільш енергозатратними були культури, під які мінеральні добрива вносили безпосередньо: цукрові буряки – 44,5 ГДж/га, кукурудза на зерно – 32,2 ГДж/га, озима пшениця – 24,2–28,9 ГДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності, порівняно з контролем, знизився в цукрових буряків – на 2,0–2,5, кукурудзи на зерно – 1,8, озимої пшениці – 1,3–2,4, що можна пояснити більш швидким зростанням технологічних енерговитрат, порівняно з темпами росту енергії врожаю. Під іншими культурами сівозміни, які використовували післядію добрив, коефіцієнт енергетичної ефективності залишався досить високим, зберігаючи зростання на 0,1–0,5.

Неоднозначний вплив на енергетичну ефективність агротехнологій мали органо-мінеральні системи удобрення. Запровадження традиційної органо-мінеральної системи (12 т/га гною +  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ) суттєво збільшило енерговитрати на внесення гною. Порівняно з мінеральною системою удобрення, енерговитрати в середньому по сівозміні зросли на 6,8 ГДж/га і становили 32,2 ГДж/га сівозмінної площі. Натомість енерговіддача від внесення органічних добрив зрештою була низькою і становила 0,9 ГДж приросту енергії врожаю на один ГДж енерговитрат.

Серед культур сівозміни за традиційної органо-мінеральної системи удобрення найменшу енергетичну ефективність мали цукрові буряки та кукурудза на зерно. Додаткове внесення під ці культури 40 т/га гною, порівняно з міне-

ральною системою удобрення, збільшило енерговитрати на цукрових буряках на 18,8–22,7, кукурудзі на зерно – 19,3 ГДж/га і обумовило зниження коефіцієнтів енергетичної ефективності, відповідно, на 1,5 та 2,0. Культур, які використовували післядію добрив, зберігали зростання коефіцієнта енергетичної ефективності: ячмінь ярий – на 1,0, конюшина – на 0,2, горох – на 0,3, вико-овес – на 0,1.

Виправданим і достатньо ефективним у зернобуряковій сівозміні було застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція +  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ). Заорювання в якості органічного добрива всієї побічної продукції на фоні внесення мінеральних добрив  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  на 1 га сівозмінної площі мало високий енергетичний ефект. Незначне зростання енерговитрат, порівняно з мінеральною системою удобрення (на 0,6 ГДж/га сівозмінної площі), зумовлене, в основному, витратами на збирання додаткового врожаю та супроводжувалося ростом енергоємності врожаю в середньому по сівозміні на 4,4 ГДж/га. Енерговіддача від заорювання побічної продукції становила 7,3 ГДж приросту енергії врожаю в середньому по сівозміні на один ГДж енерговитрат.

Альтернативна органо-мінеральна система, порівняно з мінеральною системою удобрення, сприяла покращенню енергетичної ефективності вирощування усіх культур сівозміни. Так, культури, які в сівозміні використовували пряму дію мінеральних добрив (цукрові буряки, кукурудза на зерно, озима пшениця), мали приріст енергоємності врожаю співставний зростанню енерговитрат. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності мав тенденцію до зростання в межах 0,1. Культур, які за альтернативної системи удобрення використовували післядію добрив, збільшували енергоємність врожаю більш швидкими темпами, ніж зростали енерговитрати. Сприяло цьому покращення умов мінерального живлення в результаті мінералізації побічної продукції і, як наслідок, зростання продуктивності

культур, яке, в свою чергу, не супроводжувалося значним ростом енерговитрат. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування ярого ячменю зріс, порівняно з мінеральною системою удобрення, на 0,6, гороху – на 0,2, вико-вівса – на 0,2.

Достатньо ефективною була альтернативна органічна система удобрення. Заорювання усієї побічної продукції культур зернобурякової сівозміни на фоні внесення 12 т гною на 1 га сівозмінної площі збільшувало коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнологій, порівняно з мінеральною системою удобрення, в середньому по сівозміні на 0,2, органо-мінеральними системами удобрення – на 0,2–0,7. Однак, така система удобрення обумовила значне падіння показників продуктивності сівозміни. Енергоємність урожаю в середньому по сівозміні за альтернативної органічної системи удобрення була нижчою, порівняно з мінеральною – на 2,1, органо-мінеральними – на 6,5–8,8 ГДж/га сівозмінної площі.

**Висновки.** Найбільш енергетично ефективною системою удобрення культур зернобурякової сівозміни, яка забезпечила високу продуктивність сівозміни (142,2 ГДж/га сівозмінної площі) на фоні помірних енерговитрат (26,0 ГДж/га сівозмінної площі), була альтернативна органо-мінеральна система удобрення (побічна продукція +  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ). Коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,5.

Запровадження мінеральної системи удобрення ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  на 1 га сівозмінної площі) знижувало продуктивність сівозміни до 137,8 ГДж/га сівозмінної площі, зберігаючи енерговитрати на рівні 25,4 ГДж/га сівозмінної площі. Коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,4.

Використання традиційної, на основі гною, системи органо-мінерального удобрення (12 т/га гною +  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ) не забезпечило значного росту продуктивності сівозміни (144,5 ГДж/га сівозмінної площі), натомість різко збільшило енерговитрати (32,2 ГДж/га сівозмінної площі), що призвело до падіння коефіцієнта енергетичної ефективності – 4,5.

#### Бібліографія

1. Бука А.Я. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобержному Лісостепу / А.Я. Бука, А.В. Друженко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 3. – С. 13–15.
2. Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 205 с.
3. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві / В.М. Польовий. – Рівне: Волинські обереги, 2007. – 320 с.
4. Сінченко В.М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного балансу / В.М. Сінченко // Вісник аграр. науки. – 2004. – № 11. – С. 14–17.
5. Тарарико Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю.А. Тарарико. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
6. Цвей Я.П. Биоэнергетична оцінка продуктивності різноротацийних сівозмін / Я.П. Цвей // Збірник наукових праць ІБКЦБ. – 2011. – Вип. 12. – С. 46–55.

#### Анотація

Проведено енергетичну оцінку агротехнологій вирощування культур зернобурякової сівозміни залежно від систем удобрення. Встановлено високу енергетичну ефективність альтернативної органо-мінеральної системи удобрення, яка передбачає внесення мінеральних добрив ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ) на фоні заорювання усієї побічної продукції рослин.

#### Анотация

Проведено энергетическую оценку агротехнологий выращивания культур зернобурякового севооборота в зависимости от систем удобрения. Установлена высокая энергетическая эффективность альтернативной органо-минеральной системы удобрения, которая предусматривает внесение минеральных удобрений ( $N_{50}P_{42,5}K_{50}$ ) на фоне запахивания всей побочной продукции растений.

#### Annotation

Energy estimation of agrotechnologies in grain-beet crop rotation is carried out. The high energy effectivity of an alternative organic-mineral fertilization system including  $N_{50}P_{42,5}K_{50}$  against the background of ploughed-in crop residues was proved.