

УДК: 631.81.620.952

**ІВАНІНА В.В.**, кандидат с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

## ЗАХОДИ БІОЛОГІЗАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

*Вивчався вплив традиційних та альтернативних систем удобрення в підвищенні енергетичної ефективності агротехнологій. Установлено високу енергетичну ефективність альтернативної системи удобрення, яка передбачала внесення мінеральних добрив ( $N_{50}P_{20}K_{30}$ ) у поєднанні з використанням на добриво сидеральної культури гірчиці білої та побічної продукції культур.*

**Ключові слова:** система удобрення, енергетика, агротехнології

**Вступ.** Ефективним агротехнічним заходом, який впливає на енергетичну та економічну ефективність агротехнологій є система удобрення. Застосування добрив підвищує продуктивність культур, збільшує енергоємність врожаю, що неодмінно супроводжується зростанням технологічних енерговитрат [1, 2, 6].

Забезпечення високої ефективності сучасних агротехнологій потребує подальшої оптимізації системи удобрення. Застосування добрив має забезпечувати мінімалізацію енерговитрат на фоні зростання енергоємності врожаю. За даними ряду досліджень ефективним агрохімічним заходом на шляху зменшення енергетичних витрат можуть бути альтернативні органо-мінеральні системи удобрення, які передбачають використання на добриво пожнивних сидеральних культур та нетоварної частини врожаю [4, 5]. Такі системи удобрення сприяють суттєвому підвищенню продуктивності культур і не потребують значних додаткових енерговитрат [5].

Метою наших досліджень було вивчення енергетичної ефективності агротехнологій за використання на добриво післяжнивної сидеральної культури гірчиці білої, її комбінації з мінеральними добривами та у поєднанні з побічною продукцією вирощуваних культур.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проводили в умовах стаціонарного досліду (2006-2010 рр.) Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції на чорноземі типовому вилугуваному малогумусному легкосуглинковому, зона достатнього зволоження Лісостепу України.

Агрохімічна і фізико-хімічна характеристика орного (0-30 см) шару ґрунту: вміст гумусу (за Тюрнімом) – 4,0 %, рухомого фосфору та калію (за Чиріковим) відповідно – 140 та 75 мг/кг ґрунту;  $pH_{KCl}$  – 5,9; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 2,2 мг-екв на 100г ґрунту.

Площа облікової ділянки – 100 м<sup>2</sup>, повторність – чотирикратна. Дослідження проводили в ланці сівозміни: горох – пшениця озима – буряки цукрові. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для зони.

Застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру, суперфосфат простий гранульований, калій хлористий. Органічні добрива вносили у формі підстилкового гною (13,3 т на 1 га поля) та альтернативних джерел органіки – зеленої маси пожнивної сидеральної культури гірчиці білої (середньою нормою – 25 т/га) та побічної продукції: гички буряків цукрових, соломи гороху та пшениці озимої.

Енергетичну ефективність агротехнологій розраховували за методикою О.К. Медведовського [3]. За основу енергетичної оцінки агротехнологій було взято коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>), який відображає співвідношення енергоємності врожаю до технологічних енерговитрат.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати досліджень свідчать, що в середньому по ланці сівозміни найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнологій досягався у варіанті без добрив – 6,4. При цьому буряки цукрові відзначались найвищою здатністю до акумуляції сонячної енергії. Енергоємність врожаю цієї культури становила

192,6 ГДж/га, що порівняно з пшеницею озимою було більше на 75,8 ГДж/га, горохом – 138,6 ГДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>) зазначених культур становив – відповідно 7,6, 6,2 та 4,3 (табл. 1).

Застосування добрив забезпечило зростання енергоємності врожаю вирощуваних культур порівняно з контролем в середньому по ланці сівозміни на 4,8-42,6, технологічних витрат – 1,2-16,1 ГДж/га. При цьому енергетична віддача від внесення добрив була різною і залежала від системи удобрення.

Таблиця 1.

**Енергетична оцінка агротехнологій вирощування культур в ланці зерно-бурякової сі-  
возміни за різних систем удобрення, УЛДСС (2006-2010 рр.)**

№ вар	Внесено на 1 га сівозмінної площі	Показник	Одиниця виміру	Горох 2006-2008 рр.	Пшениця озима 2007-2009 рр.	Буряки цукрові 2008-2010 рр.	В середньому на 1 га поля
1	Без добрив	Енергоємність врожаю	ГДж/га	54,0	116,8	192,6	121,1
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,7	18,8	25,2	18,9
		К <sub>е</sub>		4,3	6,2	7,6	6,4
3	N <sub>50</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	Енергоємність врожаю	ГДж/га	54,0	125,4	258,5	146,0
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,7	23,7	43,6	26,7
		К <sub>е</sub>		4,3	5,3	5,9	5,5
4	N <sub>66,7</sub> P <sub>26,7</sub> K <sub>40</sub>	Енергоємність врожаю	ГДж/га	54,3	130,3	282,4	155,7
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,7	25,3	52,8	30,3
		К <sub>е</sub>		4,3	5,2	5,4	5,1
5	N <sub>50</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub> + 13,3 т/га гною	Енергоємність врожаю	ГДж/га	55,9	126,4	308,7	163,7
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,8	23,9	68,4	35,0
		К <sub>е</sub>		4,4	5,3	4,5	4,7
6	13,3 т/га гною	Енергоємність врожаю	ГДж/га	54,0	117,8	253,7	141,8
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,7	19,3	46,8	26,3
		К <sub>е</sub>		4,3	6,1	5,4	5,4
10	Сидерат (гірчиця біла)	Енергоємність врожаю	ГДж/га	54,8	117,5	205,4	125,9
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,7	19,2	28,5	20,1
		К <sub>е</sub>		4,3	6,1	7,2	6,3
11	N <sub>50</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub> + сидерат	Енергоємність врожаю	ГДж/га	55,8	126,4	261,3	147,8
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,8	24,2	45,8	27,6
		К <sub>е</sub>		4,4	5,2	5,7	5,4
12	N <sub>50</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub> + сидерат + побічна продукція	Енергоємність врожаю	ГДж/га	56,6	130,4	275,4	154,1
		Енерговитрати на 1 га	ГДж/га	12,8	24,7	47,9	28,5
		К <sub>е</sub>		4,4	5,3	5,8	5,4

Застосування мінеральної системи удобрення сприяло значному збільшенню технологічних енерговитрат. Порівняно з контролем без добрив внесення оптимальної (N<sub>50</sub>P<sub>20</sub>K<sub>30</sub> на 1 га поля) норми добрив збільшило технологічні енерговитрати на 7,8, підвищеної (N<sub>66,7</sub>P<sub>26,7</sub>K<sub>40</sub> на 1 га поля) – 11,4 ГДж/га. При цьому темпи зростання енергоємності врожаю відставали від росту технологічних енерговитрат, що обумовило зниження К<sub>е</sub> порівняно з контролем – відповідно на 0,9 та 1,3. Енерговіддача від внесення мінеральних добрив залишалась низькою і становила за оптимальної норми добрив 3,2, підвищеної – 3,0 ГДж приросту енергії врожаю на один ГДж енерговитрат.

Найбільш енергозатратною культурою за мінеральної системи удобрення були буряки цукрові. Внесення мінеральних добрив збільшило технологічні енерговитрати порівняно з контролем за оптимальної норми (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>) на 18,4, підвищеної (N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub>) – 27,6 ГДж/га. При цьому ріст енергоємності врожаю поступався технологічним енерговитратам, що призвело до зменшення коефіцієнту енергетичної ефективності вирощування буряків цукрових порівняно з контролем – відповідно на 1,7 та 2,2. Вирощування пшениці озимої за мінеральної системи удобрення супроводжувалось падінням коефіцієнта енергетичної ефективності в межах 0,9-1,0, що обумовлено меншими нормами застосування мінеральних добрив. Горох,

який використовував післядію добрив, забезпечував енергетичну ефективність агротехнологій на рівні – 4,3.

Запровадження традиційної органо-мінеральної системи ( $N_{50}P_{20}K_{30} + 13,3$  т гною на 1 га поля) відзначалось найбільш низькою енергетичною ефективністю агротехнологій. Поєднане внесення мінеральних та органічних добрив суттєво збільшило енерговитрати в ланці сівозміни порівняно з контролем (на 16,1 ГДж/га поля) на фоні помірних темпів зростання енергії врожаю (на 42,6 ГДж/га поля). Коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому по ланці сівозміни зменшився до контролю на 1,7 і становив 4,7. Енерговіддача від поєднаного внесення органічних та мінеральних добрив рівнялась 2,7 ГДж приросту енергії врожаю на один ГДж енерговитрат.

Серед вирощуваних культур найменшу енергетичну ефективність за традиційної органо-мінеральної системи удобрення мали буряки цукрові. Додаткове внесення 40 т/га гною збільшило порівняно з мінеральною системою удобрення енерговитрати при вирощуванні буряків цукрових на 24,8, енергоємність врожаю – 50,2 і обумовило зниження коефіцієнту енергетичної ефективності на 1,4. Культури пшениця озима та горох зберігали енергетичну ефективність агротехнологій на рівні мінеральної системи удобрення.

Неоднозначний вплив на енергетичну ефективність агротехнологій мало запровадження альтернативних на основі біологізації систем удобрення. Використання на добриво зеленої маси пожнивної сидеральної культури гірчиці білої відзначалось низькими темпами росту продуктивності і супроводжувалось досить незначним порівняно з контролем (без внесення добрив) зростанням енергоємності врожаю, яке в середньому по ланці сівозміни становило 4,8 ГДж/га. Зростання технологічних енерговитрат було співставним росту енергоємності врожаю (1,2 ГДж/га поля), що зберігало коефіцієнт енергетичної ефективності агротехнологій на достатньо високому рівні – 6,3. За використання на добриво сидеральної культури приріст енергоємності врожаю на один ГДж енерговитрат в середньому по ланці сівозміни становив 4 ГДж.

Поєднане використання на добриво гірчиці білої і мінеральних добрив ( $N_{50}P_{20}K_{30} +$  сидерат) за ефективністю прирівнювалось до мінеральної системи удобрення. Підвищення енергоємності врожаю і технологічних енерговитрат від заорювання на добриво сидерату по фону мінеральних добрив було незначним і становило в середньому по ланці сівозміни – відповідно 1,8 та 0,9 ГДж/га. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності зберігався на рівні мінеральної системи удобрення – 5,4. Приріст енергії врожаю на один ГДж росту енерговитрат в середньому по ланці сівозміни за поєданого застосування мінеральних добрив і сидерату становив 3,1 ГДж.

Достатньо ефективною була альтернативна система удобрення, яка передбачала застосування мінеральних добрив у поєднанні з зеленою масою сидерату та побічної продукції культур ( $N_{50}P_{20}K_{30} +$  сидерат + побічна продукція). Енергоємність врожаю в середньому по ланці сівозміни становила 154,1 ГДж/га, енерговитрати – 28,5 ГДж/га, коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,4. За коефіцієнтом енергетичної ефективності альтернативна система удобрення прирівнювалась до мінеральної системи ( $N_{50}P_{20}K_{30}$  на 1 га поля) і була значно ефективнішою порівняно з традиційною органо-мінеральною системою удобрення ( $N_{50}P_{20}K_{30} + 13,3$  т/га гною). Поєднане використання мінеральних добрив сидерату та побічної продукції збільшувало коефіцієнт енергетичної ефективності порівняно з традиційною органо-мінеральною системою на 0,7. Приріст енергії врожаю на один ГДж росту енерговитрат в середньому по ланці сівозміни за внесення мінеральних добрив у комбінації з сидератом і побічною продукцією становив 3,4 ГДж.

Використання традиційної органічної системи удобрення (13,3 т гною на 1 га поля) за коефіцієнтом енергетичної ефективності прирівнювалось до мінеральної та альтернативних органо-мінеральних систем удобрення. Однак енергоємність урожаю за її застосування була достатньо низькою (141,8 ГДж/га) і поступалась мінеральній системі удобрення на 4,2 ГДж/га, альтернативним органо-мінеральним – 6,0-12,3 ГДж/га. Приріст енергії врожаю на

один ГДж росту енерговитрат в середньому по ланці сівозміни за внесення 13,3 т/га гною становив 2,8 ГДж.

**Висновки.** Найбільш енергетично ефективною в ланці зерно-бурякової сівозміни з горохом за співставним зростанням коефіцієнту енергетичної ефективності та енергоємності врожаю була альтернативна органо-мінеральна система удобрення ( $N_{50}P_{20}K_{30}$  + сидерат + побічна продукція). Коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому по ланці сівозміни – 5,4, енергоємність врожаю – 154,1 ГДж/га.

Запровадження мінеральної системи удобрення ( $N_{50}P_{20}K_{30}$  на 1 га поля) на фоні стабілізації Кеє знижувало енергоємність врожаю порівняно з альтернативною органо-мінеральною системою в середньому по ланці сівозміни на 8,1 ГДж/га.

Використання традиційної органо-мінеральної системи удобрення ( $N_{50}P_{20}K_{30}$  + 13,3 т гною на 1 га поля) підвищувало порівняно з альтернативною органо-мінеральною системою енергоємність врожаю на 9,6 ГДж/га, однак зумовило значне зростання енерговитрат (на 6,5 ГДж/га), що, в свою чергу, знизило коефіцієнт енергетичної ефективності на 0,7 і робило таку систему удобрення більш затратною.

### Список використаних літературних джерел

1. Бука А.Я. Енергетична оцінка застосування добрив у Лівобержному Лісостепу / А.Я. Бука, А.В. Дружченко // Вісник аграрної науки. – 2002. - № 3. – С. 13-15.
2. Іваніна В.В. Енергетична ефективність агротехнологій за різних систем удобрення зернобурякової сівозміни / В.В. Іваніна // Цукрові буряки. – № 6. – 2012. – С. 17-19.
3. Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 205 с.
4. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві / В.М. польовий. – Рівне: Волинські обереги, 2007. – 320 с.
5. Тарарико Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю.А. Тарарико. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
6. Цвей Я.П. Біоенергетична оцінка продуктивності різноротаційних сівозмін / Я.П. Цвей // Збірник наукових праць ІБКЦБ. – 2011. – Вип. 12. – С. 46-55.

### Аннотація

**Иванина В.В.**

**Приемы биологизации в повышении энергетической эффективности агротехнологий**

*Изучалась влияние традиционных и альтернативных систем удобрения в повышении энергетической эффективности агротехнологий. Установлена высокая энергетическая эффективность альтернативной системы удобрения, которая предусматривала внесение минеральных удобрений ( $N_{50}P_{20}K_{30}$ ) совместно с использованием на удобрение сидеральной культуры горчицы белой и побочной продукции культур.*

**Ключевые слова:** система удобрения, энергетика, агротехнологии

### Annotation

**Ivanina V.**

**Biologization techniques in increasing energetic efficiency agrotechnologies**

*It was investigated the influence of traditional and alternative fertilization systems in increasing energetic efficiency agrotechnologies. High energetic efficiency of alternative fertilization system which predicted application fertilizers ( $N_{50}P_{20}K_{30}$ ) in combination with green manure white mustard and by-products of plants was determined.*

**Key words:** fertilization system, energetic, agrotechnologies