



УДК 620.91:631.5: 633.11:631.582(477.7)

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У СІВОЗМІНАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

А. І. КРИВЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
заступник директора з наукової роботи
<http://orcid.org/0000-0002-2133-3010>
E-mail: kryvenko35@ukr.net

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН

<https://doi.org/10.31548/bio2019.01.013>

У статті відображено результати досліджень, отриманих у тривалих та тимчасових польових дослідженнях упродовж 2007–2017 років.

Метою досліджень було визначення енергетичної ефективності технологій вирощування пшениці озимої за різних попередників, систем обробітку ґрунту, термінів сівби, внесення мінеральних добрив, мікродобрив та біопрепаратів у короткочасних сівозмінах.

Дослідження виконували на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України.

За результатами порівняльної енергетичної ефективності технологій встановлено раціональне вирощування пшениці озимої у короткочасних сівозмінах Південного Степу України. Визначено сприятливу дію системи мілкового безполицевого обробітку ґрунту у сівозмінах, де попередником пшениці озимої виступали горох та гірчиця біла, на отримання найвищих показників енергетичної ефективності. З'ясовано, що при вирощуванні пшениці озимої після гороху і гірчиці білої найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності отримали при внесенні мінеральних добрив у комбінації з варіантами додаткового позакореневого підживлення азотом і біопрепаратами Гуматал нано та Азотофіт. Визначено, що у контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив та біопрепаратів і додаткового позакореневого підживлення азотними добривами коефіцієнт енергетичної ефективності стрімко знижувався, що незадовільно впливало на енергетичну ефективність виробництва зернової продукції.

Ключові слова: пшениця озима, короткочасні сівозміни, система обробітку ґрунту, мінеральні добрива, урожайність, виробництво зерна, енергетична ефективність.

Актуальність. Вирішення проблеми збільшення виробництва високоякісної зернової продукції зі зменшенням витрат за умов збереження екологічного стану довкілля і підвищення рівня родючості ґрунту було і залишається ключовим

завданням для сільського господарства України [1, с. 12]. Важливою умовою підвищення енергетичної ефективності виробництва високоякісної зернової продукції є визначення і впровадження ефективних технологій вирощування пшениці



озимої у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних умов країни [2, с. 14].

Одним із основних заходів щодо припинення і запобігання розвитку негативних процесів і кризових явищ у сільському господарстві є науково обґрунтоване розміщення пшениці озимої після кращих попередників у сівозмінах із застосуванням раціонального обробітку ґрунту, оптимізації норм внесення мінеральних добрив та біопрепаратів [3, с. 5–6]. Зокрема, більш продуктивно використовуються угіддя, краще реалізуються потенційні можливості сортів рослин, знижується засміченість, зменшується вплив шкідників і хвороб у посівах сільськогосподарських культур [4, с. 75]. Усе це позитивно впливає на стан довкілля, відкриває додаткові можливості збільшення зернової продукції зі зменшенням витрат на її виробництво.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тенденція зростання енерговитрат в сільськогосподарському виробництві може призвести до негативних наслідків, тому проблемі енергозбереження у всіх країнах світу приділяється велика увага [5, с. 3]. Одним з важливих завдань, які постають перед сучасним сільським господарством, є здійснення контролю за використанням всіх видів енергоресурсів та переведення його галузей на енергозберігаючий рівень [6, с. 5]. Тому, при здійсненні ефективності технологій вирощування пшениці озимої, застосовано енергетичний аналіз, який значно доповнює можливості економічного. До того ж, показники енергетичного аналізу не потребують даних про зміну цін при співставленні в часі та не залежать від інфляційних чинників [7, с. 11].

На сьогодні розроблені відповідні методики енергетичного та біоенергетичного аналізу. Зокрема, велику практичну цінність має методика енергетичного аналізу сільськогосподарського виробництва О.К. Медведовського та

П.І. Іваненка [8]. Важливою є методики біоенергетичної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур [9–11]. В основі методик енергетичного аналізу лежить принцип вираження всіх витрат через енергетичний показник і відповідного співвідношення всіх енергетичних витрат на виробництво продукції до енергії, яка в ній міститься. На заході цей метод носить назву «in put – out put», тобто метод «входу – виходу» енергії [4, с. 76].

На основі сучасних досліджень [5–8] визначено енергетичні показники, за якими оцінювали ефективність технологій вирощування пшениці озимої. Для розрахунку сукупної енергії, витраченої на виробництво валової продукції за кожною технологією, використовували енергетичні еквіваленти. Енергетичні еквіваленти – це кількість первинної енергії в Джоулях, яка необхідна для виконання певного виду роботи. За цим показником порівнювали енергоємність різних технологій, визначали енергетичну структуру витрат, пов'язаних із застосуванням різних елементів та виражали в гектаджоулях (ГДж/га).

Облік сукупної енергії, витраченої на виробництво зернової продукції, здійснювали на основі технологічних карт вирощування культур і витрат енергії на виконання робіт, а також енергетичних еквівалентів спожитих засобів виробництва. За основний критерій енергетичної ефективності технологій взяли коефіцієнт енергетичної ефективності, який визначали відношенням маси енергії, що міститься у вирощеній продукції, до енергії, витраченої на її одержання.

Метою дослідження є визначення шляхів збільшення ефективного виробництва зерна пшениці озимої на основі енергозбереження, що забезпечувало впровадження науково обґрунтованих сівозмін, застосування раціональної системи обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив



та біопрепаратів, що сприяло підвищенню і стабілізації рівня родючості ґрунту в посушливому Південному Степу України.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконували упродовж 2007–2018 рр. на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України. У тривалих та тимчасових польових стаціонарних дослідах визначали енергетичну ефективність застосування технологій вирощування пшениці озимої: попередників, обробітку ґрунту, термінів сівби, внесення мінеральних добрив, мікродобрив та біопрепаратів у п'ятигіпсельних сівозмінах.

Дослідні ділянки розміщувались на типових зональних ґрунтах Південного Степу України – чорноземах південних незмитих важкосуглинкових з потужністю гумусового горизонту – 55 см; вмістом гумусу за Тюріним – 2,69–3,49%; азоту за Кравковим – 1,2–1,8%; рухомого фосфору за Чириковим – 9,0–13,4 мг/100 г ґрунту; обмінного калію за Чириковим – 12,3–12,9 мг/100 г ґрунту; ґрунтовою реакцією 6,9–7,7 рН.

Досліджували наступні сорти пшениці озимої: Бунчук, Ватажок, Вдала, Епоха одеська, Ера одеська, Кнопа, Ластівка одеська, Мелодія одеська, Одеська 267, Пилипівка. Сівбу пшениці озимої здійснювали в оптимальні терміни – з 25 вересня по 5 жовтня агрегатом МТЗ-80 + СЗТ-3,6 з прикочуванням кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6. Розмір посівної ділянки становив 240 м², облікової – 100 м²; норма висіву – 4,5 млн. шт./га схожого насіння, глибина загортання насіння – 6–7 см. Основні дослідження та супутні спостереження, загальноприйняті для зони вирощування сільськогосподарських культур, виконували польовим методом. Догляд за посівами включав загальноприйняті агротехнічні заходи при вирощуванні пшениці озимої для ґрунтово-кліматичних умов Південного Степу України. Збирання врожаю здійснювали комбайном SAMPO-500 зі всієї облікової площі у фазу повної стиглості пшениці озимої з визначенням урожайності та відбором зразків зерна для аналізу.

1. Схема основного обробітку ґрунту у короткоротаційних сівозмінах Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН

№ поля	Культура і пар у сівозміні	Система основного обробітку ґрунту			
		диференційований (контроль)	полицево-безполицевий	безполицевий різноглибинний	безполицевий мілкий
1	пар і горох на зерно	полицевий глибокий, 25–27 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий глибокий, 25–27 см	безполицевий мілкий, 8–10 см
2	пшениця озима	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см
3	пшениця озима	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см
4	овес	полицевий глибокий, 25–27 см	полицевий глибокий, 25–27 см	безполицевий глибокий, 25–27 см	безполицевий мілкий, 8–10 см
5	пшениця озима	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см	безполицевий мілкий, 8–10 см



Встановлювали енергетичну ефективність вирощування пшениці озимої у чотирьох п'ятипольних сівозмінах, які відрізнялися першим полем. Зокрема, застосовували чорний пар, сидеральний пар, зайнятий пар і непаровий попередник – горох на зерно (табл. 1).

За умовний контроль використовували зерно-парову сівозміну з найбільш поширеним для посушливих умов Південного Степу України чергуванням культур: чорний пар – озима пшениця – озима пшениця – овес – озима пшениця. У полі сидерального пару вирощували вику озиму, зайнятого – сумішку гороху з гірчицею білою. У четвертій зерновій сівозміні попередником озимої пшениці був горох на зерно. Першою і наступною культурою після парів і гороху на зерно була озима пшениця. Досліджували чотири системи основного обробітку ґрунту: диференційований (контроль), полицево-безполицевий, безполицевий різноглибинний, безполицевий мілкий. Варіанти обробітку ґрунту і сівозмін розміщували у чотириразовому повторенні методом розщеплених ділянок: напрям обробітку ґрунту – з півночі на південь, попередників – із заходу на схід.

Визначали ефективність систем мінерального удобрення, які включали варіанти: без добрив та із застосуванням різних норм внесення мінеральних добрив у вигляді аміачної селітри, суперфосфату гранульованого та калійної солі, які застосовували під основний обробіток ґрунту. Досліджували послідовно зростаючі норми внесення мінерального азоту у складі повного мінерального добрива, які наведені при викладанні результатів дослідження на 1 га сівозмінної площі. У всі терміни азотні добрива у вигляді сечовини у нормі N_{60} вносили в сухому вигляді на поверхню ґрунту. Підживлення здійснювали біопрепаратами Азотофіт, Гуматал нано, Стимпо, N_{60} . Для захисту від збудників хвороб у фазу трубкування, «прапорцевого листа», колосіння та молочної

стиглості для знищення від різних захворювань та знищення комплексу шкідників здійснювали обробіток посівів пшениці озимої фунгіцидами і сумішшю карбаміду N_{30} та інсектициду Бі-58 Новий – 1 л/га.

Енергетичну ефективність елементів технології вирощування пшениці озимої розраховували за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel у відповідності з методиками та рекомендаціями для умов Південного Степу України [6; 8; 9–10].

Результати дослідження та їх обговорення. Розрахунок енергетичної ефективності дозволив встановити перевагу у формуванні показника надходження енергії з врожаєм у першому та четвертому варіантах з системами диференційованого (контроль) та безполицевого мілкового основного обробітку ґрунту на рівні 47,6–47,8 ГДж/га (табл. 2). За безполицевого різноглибинного обробітку надходження енергії зменшилось до 45,4 ГДж/га або на 4,8–5,3 %. Витрати енергії зросли до 29,3 ГДж/га при застосуванні системи диференційованого (контроль) обробітку ґрунту, що пов'язано зі збільшенням витрат паливно-мастильних матеріалів на здійснення оранки. Навпаки, за безполицевого мілкового обробітку ґрунту цей показник зменшився до 21,7 ГДж/га або на 35 %.

При застосуванні безполицевого мілкового обробітку ґрунту приріст енергії підвищився до 26,1 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,20 умовних одиниць. Найменші значення цих показників, відповідно – 18,3 ГДж/га і 1,63 умовні одиниці, отримали у варіанті з системою диференційованого (контроль) основного обробітку ґрунту.

Найбільший показник енергоємності продукції зріс до 8,21–8,47 ГДж/т у варіантах з системою безполицевого різноглибинного та диференційованого (контроль) основного обробітку ґрунту. При цьому зазначений показник енергетичної ефективності при застосуванні безполицевого



2. Енергетична ефективність технологій вирощування пшениці озимої залежно від основного обробітку ґрунту і попередників, середнє за 2011 – 2017 рр.

Система основ-ного обробітку ґрунту	Енергетична ефективність					
	уро-жай-ність, т/га	надходжен-ня енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Кеє	енерго-єм-ність про-дукції, ГДж/т
Диференційова-ний (контроль)	3,46	47,6	29,3	18,3	1,63	8,47
Полицево-безпо-лицевий	3,40	46,8	25,3	21,5	1,85	7,44
Безполицевий різноглибинний	3,30	45,4	27,1	18,3	1,68	8,21
Безполицевий мілкий	3,47	47,8	21,7	26,1	2,20	6,25

цевого мілкого обробітку ґрунту зменшився до 6,25 ГДж/т, що менше на 31,4–33,5 % від контрольного варіанта.

При встановленні оптимального мінерального удобрення для вирощуванні пшениці озимої визначено, що надходження енергії з урожаєм зазначеної культури сягнув найвищого рівня – 81,2 ГДж/га у варіанті з максимальною нормою внесення мінеральних добрив N₁₈₀P₆₀K₆₀ (табл. 3).

Витрати енергії знаходились у прямій залежності від витрат азотних, фосфорних та калійних добрив з тенденцією зростання до 37,1–39,4 ГДж/га у варіантах з найбільшими нормами внесення добрив, у першу чергу азотних – до 180 кг д. р. на 1 га посівної площі пшениці озимої.

Приріст енергії перевищив 40 ГДж/га за внесення повного мінерального удобрення у нормі N₁₂₀P₆₀K₆₀ та

3. Енергетична ефективність технологій вирощування пшениці озимої залежно від мінерального удобрення, середнє за 2007 – 2017 рр.

Варіант вне-сення міне-ральных добрив	Енергетична ефективність					
	уро-жай-ність, т/га	надходжен-ня енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Кеє	енерго-єм-ність про-дукції, ГДж/т
Без добрив	3,61	49,7	27,3	22,4	1,82	7,56
N ₆₀	4,47	61,6	30,9	30,7	1,99	6,91
N ₁₂₀	5,25	72,3	34,5	37,8	2,10	6,57
N ₁₈₀	5,54	76,3	38,1	38,2	2,00	6,88
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	4,75	65,4	31,5	33,9	2,07	6,64
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₃₀	5,29	72,8	35,1	37,7	2,07	6,64
N ₁₈₀ P ₃₀ K ₃₀	5,65	77,8	38,7	39,1	2,01	6,85
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,05	69,5	32,2	37,4	2,16	6,37
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	5,53	76,1	35,8	40,4	2,13	6,46
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	5,90	81,2	39,4	41,9	2,06	6,67



4. Енергетична ефективність технології вирощування пшениці озимої залежно від терміну сівби, середнє за 2011 – 2017 рр.

Термін сівби	Енергетична ефективність					
	урожайність, т/га	надходження енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, K_{ee}	енерго-ємність продукції, ГДж/т
25.09	5,65	77,8	25,8	52,0	3,02	4,57
05.10	6,30	86,8	26,2	60,6	3,31	4,16
15.10	5,46	75,2	25,5	49,7	2,95	4,67
25.10	3,42	47,1	24,8	22,3	1,90	7,25

$N_{180}P_{60}K_{60}$, що у 1,8–1,9 раза більше за контрольний варіант без внесення добрив. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності отримали за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{60}K_{60}$, який дорівнював 2,13–2,16 умовних одиниць. Енергоємність вирощування 1 т зерна пшениці озимої у варіантах з внесенням мінеральних добрив у різних співвідношеннях характеризувалася сталістю показників – у межах від 6,37 ГДж/т до 6,91 ГДж/т, а у контрольному варіанті відмічено збільшення цього показника до 7,56 ГДж/т або на 9,4–18,7%.

За результатами енергетичної ефективності з оптимізації термінів сівби пшениці озимої визначено, що надходження енергії з урожаєм підвищився до 86,8 ГДж/га у варіанті з сівбою 5 жовтня (табл. 4). Цей показник зменшився до 47,1 ГДж/га або в 1,8 рази – за останнього строку сівби – 25 жовтня.

Витрати енергії знаходилися приблизно на одному рівні з незначним зменшенням в останньому варіанті сівби 25 жовтня, що пояснюється зниженням витрат енергії на збирання, транспортування та доробку додаткового врожаю зерна пшениці озимої. Максимальний приріст енергії, який становив 60,6 ГДж/га, а також коефіцієнт енергетичної ефективності – 3,31 умовних одиниць отримали у варіанті за сівби 5 жовтня. Найгірші показники

енергетичної ефективності та зростання енергоємності зернової продукції до 7,25 ГДж/т було за четвертого варіанту терміну сівби – 25 жовтня.

Розрахунок енергетичної ефективності технологій вирощування пшениці озимої залежно від удобрення та застосування препарату Вуксал свідчить про зростання виходу валової енергії до 51,2–57,4 ГДж/га у варіантах з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{64}P_{64}K_{64}$ (табл. 5). Витрати енергії несуттєво змінювалися за варіантами дослідження і знаходилися на рівні 18,0–21,1 ГДж/га з мінімальними значеннями у контрольному варіанті без мінерального удобрення та внесення Вуксалу.

З енергетичної точки зору оптимальним виявився варіант з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та найбільшою внесенням препарату Вуксал для оброблення насіння та у три фази розвитку рослин пшениці озимої, де отримали найбільший приріст енергії – 36,3 ГДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,7 умовних одиниць. Максимальну енергоємність продукції – 6,0–6,8 ГДж/т, отримали у контрольних варіантах без внесення препарату Вуксал. Найменше значення цього показника – 5,1 ГДж/т відмічено у варіанті з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та застосуванні Вуксалу для оброблення насіння та підживлень у три фази періоду вегетації пшениці озимої.



Встановлено, що при вирощуванні пшениці озимої після пару чорного та внесення основного мінерального удобрення, застосування позакоренових підживлень біопрепаратами, та особливо, азотним добривом, істотно позначається на показниках надходження енергії з врожаєм пшениці озимої (табл. 6). Максимальний рівень цього показника енергетичної ефективності зафіксовано у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ і $N_{64}P_{64}K_{64}$ з додатковим підживленням азотним добривом N_{60} , які відповідно становили 75,9 та 74,5 ГДж/га. Витрати енергії при вирощуванні зерна пшениці озимої змі-

нювалися основним чином пропорційно покращанню мінерального удобрення цієї культури. У контрольному варіанті цей показник становив у середньому 24,8 ГДж/га, а у варіантах з внесенням добрив у нормі підвищився до 27,9 і 30,6 ГДж/га або на 12,5-23,4%, відповідно.

Найкраща енергетична ефективність з приростом енергії на рівні 43,5–44,7 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,43–2,59 умовних одиниць відзначена у варіантах з внесенням мінерального удобрення у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ сумісно з позакореновими підживленнями біопрепаратом Гуматал нано та азотним добривом у нормі N_{60} .

5. Енергетична ефективність технологій вирощування пшениці озимої залежно від мінерального удобрення та застосування препарату Вуксал, середнє за 2016 – 2018 рр.

Удобрєння (фактор А)	Застосування Вуксалу за фазами розвитку (фактор В)	Енергетична ефективність					
		Урожайність, т/га	надходження енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, К _{ее}	енерго-ємність продукції, ГДж/т
Без добрив	Контроль	2,65	36,5	18,0	18,5	2,0	6,8
	Н	2,86	39,4	18,4	21,0	2,1	6,4
	Н+К	3,11	42,8	18,4	24,5	2,3	5,9
	Н+К+ПВТ	3,22	44,3	18,6	25,8	2,4	5,8
	Н+К+ПВТ+ПЛ	3,43	47,2	18,6	28,7	2,5	5,4
$N_{32}P_{32}K_{32}$	Контроль	2,93	40,3	19,2	21,1	2,1	6,6
	Н	3,09	42,5	19,6	22,9	2,2	6,4
	Н+К	3,30	45,4	19,6	25,8	2,3	5,9
	Н+К+ПВТ	3,49	48,1	19,8	28,2	2,4	5,7
	Н+К+ПВТ+ПЛ	3,66	50,4	19,8	30,6	2,5	5,4
$N_{64}P_{64}K_{64}$	Контроль	3,42	47,1	20,5	26,6	2,3	6,0
	Н	3,55	48,9	20,9	28,0	2,3	5,9
	Н+К	3,72	51,2	20,9	30,3	2,5	5,6
	Н+К+ПВТ	3,93	54,1	21,1	33,0	2,6	5,4
	Н+К+ПВТ+ПЛ	4,17	57,4	21,1	36,3	2,7	5,1

Примітки: Н – оброблення насіння; К – оброблення посівів у фазу кущіння; ПВТ – оброблення у фазу початку виходу в трубку; ПЛ – оброблення у фазу формування прапорцевого листка.



Найбільшу енергоємність продукції – 6,90 ГДж/т зафіксовано у варіанті без внесення мінеральних добрив та із підживленням азотним добривом.

При вирощуванні пшениці озимої у сівозміні після гороху внаслідок зменшення її урожайності порівняно з паровим попередником також зменшилось надходження енергії, особливо у контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив та без підживлення, де цей показник становив 37,3 ГДж/га (табл. 7).

Максимальними були витрати енергії – 29,6–32,2 ГДж/га у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та додатковим підживленням азотним добривом у період вегетації. Найбільший рівень приросту енергії –

30,6 ГДж/га отримали за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ та підживлення азотним добривом. Максимального значення коефіцієнт енергетичної ефективності набув у варіанті з мінеральним удобренням у нормі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та при позакореновому підживленні біопрепаратом Гуматал нано. Енергоємність вирощування пшениці озимої була найменшою у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ і становила 6,65–6,82 ГДж/га, а у варіантах без внесення мінеральних добрив цей показник збільшився до 7,28–8,35 ГДж/га або на 6,7–25,6 %.

Із встановленням енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої у сівозміні після гірчиці білої, виявились тен-

6. Енергетична ефективність застосування мінеральних добрив та біопрепаратів при вирощуванні пшениці озимої після пару чорного, середнє за 2016 – 2018 рр.

Варіант		Енергетична ефективність					
внесення мінеральних добрив	підживлення	урожайність, т/га	надходження енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, K_{ee}	енергоємність продукції, ГДж/т
Без внесення добрив	1	3,79	52,2	23,5	28,7	2,22	6,20
	2	4,07	56,0	24,1	31,9	2,33	5,92
	3	3,97	54,7	24,1	30,6	2,27	6,07
	4	3,88	53,4	24,1	29,3	2,22	6,21
	5	4,06	55,9	28,0	27,9	2,00	6,90
$N_{32}P_{32}K_{32}$	1	4,19	57,7	26,7	31,0	2,16	6,37
	2	5,14	70,8	27,3	43,5	2,59	5,31
	3	4,28	58,9	27,3	31,6	2,16	6,38
	4	4,27	58,8	27,3	31,5	2,15	6,39
	5	5,51	75,9	31,2	44,7	2,43	5,66
$N_{64}P_{64}K_{64}$	1	4,72	65,0	29,3	35,7	2,22	6,21
	2	5,15	70,9	29,9	41,0	2,37	5,81
	3	4,98	68,6	29,9	38,7	2,29	6,00
	4	4,75	65,4	29,9	35,5	2,19	6,29
	5	5,41	74,5	33,8	40,7	2,20	6,25

Примітка: варіант підживлення: 1 – контроль, 2 – Гуматал нано, 3 – Азофит, 4 – Стимпо, 5 – N_{60} .



7. Енергетична ефективність застосування мінеральних добрив та біопрепаратів при вирощуванні пшениці озимої після гороху, середнє за 2016 – 2018 рр.

Варіант		Енергетична ефективність					
внесення мінеральних добрив	підживлення	урожайність, т/га	надходження енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Кеє	енерго-ємність продукції, ГДж/т
Без внесення добрив	1	2,71	37,3	21,9	15,4	1,70	8,08
	2	3,09	42,5	22,5	20,0	1,89	7,28
	3	2,90	39,9	22,5	17,4	1,77	7,76
	4	2,76	38,0	22,5	15,5	1,69	8,15
	5	3,16	43,5	26,4	17,1	1,65	8,35
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	1	3,74	51,5	25,1	26,4	2,05	6,71
	2	3,86	53,2	25,7	27,5	2,07	6,65
	3	3,84	52,9	25,7	27,2	2,06	6,69
	4	3,77	51,9	25,7	26,2	2,02	6,82
	5	4,37	60,2	29,6	30,6	2,03	6,77
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	1	3,85	53,0	27,7	25,3	1,91	7,19
	2	4,22	58,1	28,3	29,8	2,05	6,71
	3	3,98	54,8	28,3	26,5	1,94	7,11
	4	3,91	53,8	28,3	25,5	1,90	7,24
	5	4,46	61,4	32,2	29,2	1,91	7,22

Примітка: варіант підживлення: 1 – контроль, 2 – Гуматал нано, 3 – Азотофіт, 4 – Стимпо, 5 – N₆₀.

денції формування показників надходження енергії та її витрат ідентичні показникам, що отримали після попередників пар чорний і горох (табл. 8). Найбільший приріст енергії – 28,5 ГДж/га досягнуто у варіанті з максимальною нормою внесення мінеральних добрив – N₆₄P₆₄K₆₄ сумісно з позакореневим підживленням азотним добривом у нормі N₆₀.

Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності, який становив 2,00–2,05 умовних одиниць одержано у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі N₃₂P₃₂K₃₂, а також із позакореневим підживленням біопрепаратами Гуматал нано та Азотофіт. У цих варіантах зафіксовано мінімальний рівень енергоємності продукції – 6,71–6,88 ГДж/т порівняно з контрольним варіантом без мінеральних добрив і без підживлення, де він підвищувався до 7,99 ГДж/т або на 16,1–19,1 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, з використанням енергетичного аналізу встановлено, що при застосуванні безполицевого мілкого основного обробітку ґрунту приріст енергії підвищився до 26,1 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,20 умовних одиниць. Найменші значення цих показників – відповідно 18,3 ГДж/га та 1,63 умовні одиниці, отримали у варіанті із застосуванням системи диференційованого (контроль) обробітку ґрунту. Із встановленням оптимального мінерального удобрення визначено, що витрати енергії знаходилися у прямій залежності від витрат азотних, фосфорних та калійних добрив з тенденцією зростання до 37,1–39,4 ГДж/га у варіантах з найбільшими нормами внесення мінеральних добрив. Приріст енергії перевищив 40 ГДж/га за внесення повно-



8. Енергетична ефективність застосування добрив та біопрепаратів при вирощуванні пшениці озимої після гірчиці білої, середнє за 2016 – 2018 рр.

Варіант		Енергетична ефективність					
внесення мінеральних добрив	підживлення	урожайність, т/га	надходження енергії з урожаєм, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності, Ке	енерго-ємність продукції, ГДж/т
Без внесення добрив	1	2,59	35,7	20,7	15,0	1,72	7,99
	2	2,88	39,7	21,3	18,4	1,86	7,40
	3	2,89	39,8	21,3	18,5	1,87	7,37
	4	2,69	37,0	21,3	15,7	1,74	7,92
	5	3,31	45,6	25,2	20,4	1,81	7,61
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	1	3,30	45,4	23,9	21,5	1,90	7,24
	2	3,56	49,0	24,5	24,5	2,00	6,88
	3	3,65	50,3	24,5	25,8	2,05	6,71
	4	3,40	46,8	24,5	22,3	1,91	7,21
	5	3,58	49,3	28,4	20,9	1,74	7,93
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	1	3,80	52,3	26,5	25,8	1,97	6,97
	2	3,80	52,3	27,1	25,2	1,93	7,13
	3	3,85	53,0	27,1	25,9	1,96	7,04
	4	3,70	50,9	27,1	23,8	1,88	7,32
	5	4,32	59,5	31,0	28,5	1,92	7,18

Примітка: варіант підживлення: 1 – контроль, 2 – Гуматал нано, 3 – Азотофіт, 4 – Стимпо, 5 – N₆₀.

го мінерального удобрення у нормі N₁₂₀P₆₀K₆₀ та N₁₈₀P₆₀K₆₀, а максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,13–2,16 умовних одиниць за внесення мінеральних добрив у нормі N₆₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₆₀K₆₀. Максимальні показники приросту енергії на рівні 60,6 ГДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності 3,31 умовні одиниці отримали у варіанті з сівбою пшениці озимої 5 жовтня, а найгірші енергетичні показники та зростання енергоємності продукції до 7,25 ГДж/т було за терміну сівби 25 жовтня.

Встановлення ефективності біопрепаратів показало, що витрати енергії несуттєво змінювалися за варіантами дослідження. Оптимальним є варіант з

внесенням мінеральних добрив у нормі N₆₄P₆₄K₆₄ та позакореневим підживленням насіння та у три терміни росту і розвитку рослин пшениці озимої. За такого комбінування варіантів одержали приріст енергії 36,3 ГДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,7 умовних одиниць. Максимальний рівень надходження енергії був у варіантах із внесенням мінеральних добрив у нормі N₃₂P₃₂K₃₂ і N₆₄P₆₄K₆₄ з додатковим підживленням азотними добривами (N₆₀), які відповідно становили 75,9 та 74,5 ГДж/га. Найкращу енергетичну ефективність з приростом енергії на рівні 43,5–44,7 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності 2,43–2,59 умовних одиниць відзначено у варіантах



з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$ сумісно з позакореневим підживленням біопрепаратом Гуматал нано та азотними добривами у нормі N_{60} . Максимальний коефіцієнт енергетичної

ефективності 2,00–2,05 отримали у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$, а також позакореневим підживленням біопрепаратами Гуматал нано та Азотофіт.

Література

1. Бойко П. І. Методичні основи польових дослідів з визначення ефективності систем сівозмін. Аграрний вісник Причорномор'я. 2009. вип. 50. С. 12–20.
2. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Гангур В. В., Корецький О. Є. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. №3. С. 14–18.
3. Коваленко Н. П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI ст.): монографія. Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 490 с.
4. Вергунова І. М., Коваленко Н. П. Визначення економіко-енергетичної ефективності сівозмін з подальшою оптимізацією розміщення в них зернових культур. Економіст. №2. 2000. С. 75–76.
5. Огінський А. М. Методичні основи енергетичної оцінки систем землеробства та технологій вирощування продукції рослинництва. Київ: Інститут землеробства УААН. 1997. 27 с.
6. Жученко А. А., Афанасьев В. Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: методические и методологические рекомендации. Кишинев: Штиинца, 1988. 128 с.
7. Мороз О. В. Енергетична еволюція сільського господарства України. Київ: ІАЕ УААН. 1997. 263 с.
8. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай. 1988. 203 с.
9. Ушкаренко В. О., Лазар П. Н., Остапенко А. І., Бойко І. О. Методика оцінки біоенергетичної ефективності технологій виробництва сільськогосподарських культур. Херсон: Колос, 1997. 21 с.
10. Базаров Е. И., Глинка Е. В. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. Москва, 1983. 43 с.
11. Тараріко Ю. О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ: ДІА, 2009. 16 с.

References

1. Boiko, P.I. (2009). Metodichni osnovy polovykh doslidiv z vyznachennia efektyvnosti system sivozmin [Methodical bases of the field experiments are from determination of efficiency of the systems of crop rotations]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria*, 50, 12–20.
2. Boiko, P.I., Kovalenko, N.P., Hanhur, V.V. & Koretskyi, O.Ye. (2010). Enerhetychni zasady efektyvnoho vykorystannia resursiv u silskomu hospodarstvi [Power principles of the effective use of resources are in agriculture]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 14–18.
3. Kovalenko, N.P. (2014). Stanovlennia ta rozvytok naukovo-orhanizatsiinykh osnov zastosuвання vitchyznianskykh sivozmin u systemakh zemlerobstva (druga polovyna XIX – pochatok XXI st.): monohrafiia [Becoming and development of scientifically-organizational bases of application of home crop rotations in the systems of agriculture (the second half of XIX is beginning of XXI century): monograph]. Kyiv: TOV «Nilan-LTD», 490.
4. Verhunova, I.M. & Kovalenko, N.P. (2000). Vyznachennia ekonomiko-enerhetychnoi efektyvnosti sivozmin z podalshoiu optymizatsiieiu rozmishchennia v nykh zernovykh kultur [Determination of economically-power efficiency of crop rotations is with further optimization of placing in them of grain-crops]. *Ekonomist*, 2, 75–76.
5. Ohinskyi, A.M. (1997). Metodichni osnovy enerhetychnoi otsinky system zemlerobstva ta tekhnolohii vyroshchuvannia produktsii roslynnytstva [Methodical bases of power estimation of the systems of agriculture and technologies of growing of products of plant-grower]. Kyiv: Instytut zemlerobstva UAAAN, 27.



- Zhuchenko, A.A. & Afanasev, V.N. (1988). Enerheticheskyi analiz v selskom khoziaistve: metodicheskye y metodologicheskye rekomendatsyy [A power analysis in agriculture: methodical and methodological recommendations]. Kyshynev: Shtyntsya, 128.
- Moroz, O.V. (1997). Enerhetychna evoliutsiia silskoho hospodarstva Ukrainy [Power evolution of agriculture of Ukraine]. Kyiv: IAE UAAAN, 263.
- Medvedovskyi, O.K. & Ivanenko, P.I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyvykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [A power analysis of intensive technologies in an agricultural production]. Kyiv: Urozhai, 203.
- Ushkarenko, V.O., Lazar, P.N., Ostapenko, A.I. & Boiko, I.O. (1997). Metodyka otsinky bioenerhetichnoi efektyvnosti tekhnolohii vyrobnytstva silskohospodarskykh kultur [Methodology of estimation of biopower efficiency of technologies of production of agricultural cultures]. Kherson: Kolos, 21.
- Bazarov, E.Y. & Hlynka, E.V. (1983). Metodyka byoenerheticheskoi otsenky tekhnolohiy proizvodstva produktsyy rastenyevodstva [Methodology of biopower estimation of technologies of production of goods of plant-grower]. Moskva, 43.
- Tarariko, Yu.O. (2009). Systemy bioenerhetichnoho ahrarnoho vyrobnytstva [Systems of biopower agrarian production]. Kyiv: DIA, 16.

SUMMARY

Kryvenko A. I. Power efficiency of technologies of growing of wheat winter-annual is in crop rotations of south steppe of Ukraine. *Biological Resources and Nature Management*. 2019. **11**, №1–2. P.115–126. <https://doi.org/10.31548/10.31548/bio2019.01.013>

The results of the researches got in the protracted and temporal field researches during 2007–2017 are represented in the article.

The aim of researches was determination of power efficiency of technologies of growing of wheat winter-annual for different predecessors, systems of till of soil, terms of sowing, bringing of mineral fertilizers, microfertilizers and biologics in short term crop rotations.

Researches executed on the experienced field of the Odesa state agricultural experimental station of the National academy of agrarian sciences of Ukraine.

On results comparative power efficiency of technologies the rational growing of wheat winter-annual is set in the short term crop rotations of South Steppe of Ukraine. The favourable action of the system of shallow without shelves till of soil is certain in crop rotations,

where as a predecessor of wheat winter-annual peas and mustard came forward white, on the receipt of the greatest indexes of power efficiency. It is found out, that at growing of wheat winter-annual after peas and mustard while the most coefficient of power efficiency was got at bringing of mineral fertilizers in combination with the variants of additional for a root signup by nitrogen and biologics of Gumatal nano and Azotofit. Certainly, that in a control variant without bringing of mineral fertilizers and biologics and additional for a root signup the coefficient of power efficiency headily went down nitric fertilizers, that unsatisfactorily had influenced on power efficiency of production of grain-growing goods.

Keywords: a wheat is winter-annual, short term crop rotations, system of till of soil, mineral fertilizers, productivity, production of grain, power efficiency

АННОТАЦИЯ

Кривенко А. И. Энергетическая эффективность технологий выращивания пшеницы озимой в севооборотах южной степи Украины. *Биоресурсы и природопользование*. 2019. **11**, №1–2. С.115–126. <https://doi.org/10.31548/10.31548/bio2019.01.013>

В статье отображены результаты исследований, полученных в длительных и временных полевых исследованиях на протяжении 2007–2017 лет.

Целью исследований было определение энергетической эффективности технологий выращивания пшеницы озимой после разных предшественников, систем обработки почвы, сроков посева, внесения минеральных удобрений, микро-

добрений и биопрепаратов в короткоротационных севооборотах.

Исследования выполняли на опытном поле Одесской государственной сельскохозяйственной опытной станции Национальной академии аграрных наук Украины.

По результатам сравнительной энергетической эффективности технологий установлено



рациональное выращивание пшеницы озимой в короткоротационных севооборотах Южной Степи Украины. Определено благоприятное действие системы мелкой безотвальной обработки почвы в севооборотах, где в качестве предшественника пшеницы озимой выступали горох и горчица белая, на получение наивысших показателей энергетической эффективности. Выяснено, что при выращивании пшеницы озимой после гороха и горчицы белой наибольший коэффициент энергетической эффективности получили при внесении минеральных удобрений в комбинации с вариантами дополнительной при-

корневой подкормки азотом и биопрепаратами Гуматал нано и Азотофит. Определено, что в контрольном варианте без внесения минеральных удобрений и биопрепаратов и дополнительной прикорневой подкормки азотными удобрениями коэффициент энергетической эффективности стремительно снижался, что неудовлетворительно влияло на энергетическую эффективность производства зерновой продукции.

Ключевые слова: *пшеница озимая, короткоротационные севообороты, система обработки почвы, минеральные удобрения, урожайность, производство зерна, энергетическая эффективность*

Отримано 05.02.2019 р.