

УДК 633.114:631.6:631.8

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.11>

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Кривенко А.І. – к.с.-г.н.,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

У статті відображено результати досліджень із вивчення енергетичної ефективності біологізованої технології вирощування озимих зернових культур. Визначено, що за застосування м'якого основного обробітку ґрунту приріст енергії підвищився до 26,1 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт становив 2,2. У досліді з установаження оптимального фону мінерального живлення з'ясовано, що витрати енергії прямо залежать від витрат азотних, фосфорних і калійних із тенденцією до зростання до 37,1–39,4 ГДж/га у варіантах із найбільшими дозами добрив. Під час вирощування ячменю озимого з різними строками сівби проявилася тенденція до зменшення приходу енергії з урожаєм за переходу від сівби 25 вересня до 25 жовтня. З енергетичного погляду оптимальним виявився варіант з унесенням мінеральних добрив у дозі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та максимальною схемою підживлення біодобривами. Найбільший енергетичний коефіцієнт 2–2,05 одержано у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$, а також позакореневого підживлення біопрепаратами Гуматал нано та Азотофіт.

Ключові слова: пшениця озима, ячмінь озимий, енергетична ефективність, вихід енергії, приріст енергії, енергетичний коефіцієнт, енергоємність продукції.

Кривенко А.И. Энергетическая эффективность биологизированных технологий выращивания озимых зерновых культур в условиях Южной Степи Украины

В статье отражены результаты исследований по изучению энергетической эффективности биологизированной технологии выращивания озимых зерновых культур. Установлено, что при применении мелкой основной обработки почвы прирост энергии повысился до 26,1 ГДж/га, а энергетический коэффициент составил 2,2. В опыте по изучению оптимального фона минерального питания установлено, что расход энергии находился в прямой зависимости от затрат азотных, фосфорных и калийных с тенденцией к росту до 37,1–39,4 ГДж/га в вариантах с наибольшими дозами удобрений. При выращивании ячменя озимого с разными сроками посева проявилась тенденция к уменьшению прихода энергии с урожаем при переходе от посева 25 сентября до 25 октября. С энергетической точки зрения оптимальным оказался вариант с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{64}P_{64}K_{64}$ и максимальной схемой подкормки биоудобрениями. Наибольший энергетический коэффициент 2–2,05 получен в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{32}P_{32}K_{32}$, а также при внекорневой подкормке биопрепаратами Гуматал нано и Азотофит.

Ключевые слова: пшеница озимая, ячмень озимый, энергетическая эффективность, выход энергии, прирост энергии, энергетический коэффициент, энергоёмкость продукции.

Krivenko A.I. Energy efficiency of biologized technologies of growing winter crops in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

The article reflects the results of research on the study of the energy efficiency of the biologized technology of growing winter crops. It was established that with the use of shallow basic tillage, the energy increment increased to 26,1 GJ/ha, and the energy ratio was 2,2. In an experiment to study the optimal background of mineral nutrition, it was found that energy consumption was directly dependent on the costs of nitrogen, phosphorus and potash with a tendency to increase to 37,1–39,4 GJ/ha in the variants with the highest doses of fertilizers. When growing winter barley with different sowing dates, there was a tendency to a decrease in the energy input with the crop when going from sowing from September 25 to October 25. From an energetic point of view, the option with the application of mineral fertilizers in a dose of $N_{64}P_{64}K_{64}$ and the maximum scheme for fertilizing with bio-fertilizers turned out to be optimal. The highest energy ratio of 2–2,05 is obtained on the variants with the application of mineral fertilizers in a dose of $N_{32}P_{32}K_{32}$, as well as foliar feeding with Humatal nano and Azotofit biologics.

Key words: winter wheat, winter barley, energy efficiency, energy yield, energy gain, energy coefficient, energy intensity of production.

Постановка проблеми. Енергетичний аналіз порівняно з економічним базується на застосуванні постійних енергетичних показників, тому не залежить від постійних змін ціни на рослинницьку продукцію, добрива, паливно-мастильні матеріали, пестициди тощо. Ось чому порівняння енергетичних параметрів технології вирощування пшениці озимої дозволяє об'єктивно встановити різницю в балансі надходження та витрат енергії [1–3]. За умов глобальних і регіональних змін клімату гостро постають питання ресурсоощадження, розроблення і використання агрозаходів, що спрямовані на вологонакопичення та зниження вологовитрат на формування одиниці рослинницької продукції. Тому актуальне обґрунтування технологій вирощування озимих зернових культур з енергетичного погляду, оскільки саме такий аналіз дозволяє встановити відмінності досліджуваних чинників і варіантів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для отримання високих і сталих урожаїв озимих зернових культур необхідно визначати енергетично обґрунтовані елементи технології вирощування, щоби сформувати науково обґрунтовану сівозміну, визначити оптимальні строки сівби, вносити добрива і біопрепарати тощо [5; 6]. Ці елементи технології вирощування визначають ступінь розвитку рослин, їхню зимостійкість і продуктивність, а також для отримання високих і сталих урожаїв озимих зернових культур із високою якістю зерна варто враховувати стан ґрунту, наявність вологи в ньому, попередників і погодно-кліматичні умови саме цього року, сортові особливості [7].

Зміна клімату в бік потепління потребує перегляду технології вирощування озимих зернових культур, урожайність яких значною мірою залежить від їх перемішлі. Визначення оптимальних строків їх сівби для окремого сорту в конкретних умовах має дуже велике значення для отримання зерна, яке відповідає вимогам світових стандартів [8].

За сівби озимих культур у різні строки моделюються різні абіотичні умови, тобто температура повітря, сума позитивних температур, тривалість дня, опади. Тому в основу розроблення нормативних даних і технічних умов виробництва високоякісного насіння нових та перспективних сортів озимої пшениці й озимого ячменю покладено визначення норми реакції сортів на різні абіотичні умови, тобто на різні строки сівби. Нині аграрні підприємства сіють озимі зернові культури в такі строки сівби, які рекомендують для конкретних ґрунтово-кліматичних зон, ураховуючи зміни клімату й біологічні особливості сортів нового покоління згідно з дослідженнями наукових установ за останні роки. Проте відсутнє енергетичне обґрунтування сучасних біологізованих технологій вирощування [9].

Постановка завдання. Завдання досліджень – провести енергетичну оцінку основних елементів технології вирощування озимих зернових культур, випробувати й адаптувати до умов регіону інноваційні технології виробництва зерна пшениці озимої за умов глобальних і регіональних змін клімату.

Дослідження проведено на полях Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук (далі – НААН) України. Енергетичну оцінку проводили згідно з методичними рекомендаціями [10]. Агротехніка в дослідках була загальноновизнана для озимих зернових культур за винятком чинників, що вивчалися.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергетична оцінка дозволила встановити перевагу у формуванні показника приходу енергії з урожаєм у першому та четвертому варіантах із диференційованої-1 та мілкою одноглибинною системами основною обробітку ґрунту на рівні 47,6–47,8 ГДж/га (табл. 1). За безполцевого обробітку прихід енергії зменшився до 45,4 ГДж/га, або на 4,8–5,3%.

Таблиця 1

Енергетична ефективність технології вирощування зерна пшениці озимої залежно від післядії основного обробітку ґрунту і попередника, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Система основного обробітку ґрунту	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
		прихід енергії з урожаєм, ГДж/га, E _в	витрати енергії, ГДж/га, E _о	приріст енергії, ГДж/га, E	енергетичний коефіцієнт, Ke	енергоємність продукції, ГДж/т, E _{пр}
Диференційована-1	3,46	47,6	29,3	18,3	1,63	8,47
Диференційована-2	3,4	46,8	25,3	21,5	1,85	7,44
Безполицева різноглибинна	3,3	45,4	27,1	18,3	1,68	8,21
Мілка одноглибинна	3,47	47,8	21,7	26,1	2,2	6,25

Витрати енергії зросли до 29,3 ГДж/га в разі застосування диференційованої-1 системи обробітку ґрунту, що пов'язано зі збільшенням витрат паливно-мастильних матеріалів на проведення оранки. Навпаки, за мілкого одноглибинного обробітку ґрунту даний показник зменшився до 21,7 ГДж/га, або на 35%.

За застосування мілкого одноглибинного обробітку ґрунту приріст енергії підвищився до 26,1 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт становив 2,2. Найменші значення цих показників, 18,3 ГДж/га та 1,63 відповідно, були у варіанті з диференційованою-1 системою основного обробітку ґрунту.

Найбільша енергоємність продукції зросла до 8,21–8,47 ГДж/т у варіантах із безполицевою та диференційованою-1 системами основного обробітку ґрунту. Водночас даний енергетичний показник зменшився на 31,4–33,5% (до 6,25 ГДж/т) у разі застосування мілкого одноглибинного обробітку ґрунту.

У досліді з установаження оптимального фону мінерального живлення під час вирощування пшениці озимої встановлено, що прихід енергії з урожаєм досліджуваної культури досягнув найвищого рівня (81,2 ГДж/га) у варіанті з максимальною дозою мінеральних добрив N₁₈₀P₆₀K₆₀ (табл. 2).

Витрати енергії перебували у прямій залежності від витрат азотних, фосфорних та калійних із тенденцією до зростання до 37,1–39,4 ГДж/га у варіантах із найбільшими дозами добрив, насамперед азотних – до 180 кг д. р. на 1 га посівної площі із пшеницею озимою.

Приріст енергії перевищив 40 ГДж/га за внесення повного мінерального добрива в дозах N₁₂₀P₆₀K₆₀ та N₁₈₀P₆₀K₆₀, що в 1,8–1,9 рази більше за контрольний варіант без внесення добрив. Максимальні коефіцієнти енергетичної ефективності дорівнювали 2,13–2,16 за внесення мінеральних добрив у дозах N₆₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₆₀K₆₀. Енергоємність вирощування 1 т зерна пшениці озимої у варіантах із внесенням мінеральних добрив у різних співвідношеннях характеризувалася сталістю показників – у межах від 6,37 до 6,91 ГДж, а в контрольному варіанті зазначено збільшення цього енергетичного показника до 7,56 ГДж/т, або на 9,4–18,7%.

Таблиця 2
Енергетична ефективність технології вирощування зерна пшениці озимої залежно від фону мінерального живлення (середнє за 2007–2017 рр.)

Варіант внесення мінеральних добрив	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
		прихід енергії з урожаєм, ГДж/га, E _в	витрати енергії, ГДж/га, E _о	приріст енергії, ГДж/га, E	енергетичний коефіцієнт, K _e	енергосмістність продукції, ГДж/т, E _{пр}
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	2,1	6,57
N ₁₈₀	5,54	76,3	38,1	38,2	2	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	5,9	81,2	39,4	41,9	2,06	6,67

За результатами енергетичної оцінки варіантів польового дослідження з оптимізації строків сівби пшениці озимої визначено, що прихід енергії з урожаєм підвищився до 86,8 ГДж/га у варіанті із сівбою 5 жовтня (табл. 3). Цей показник зменшився до 47,1 ГДж/га, або в 1,8 рази за останнього строку сівби – 25 жовтня. Витрати енергії були приблизно на одному рівні зі слабким зменшенням в останньому варіанті сівби (25 жовтня), що пояснюється зниженням витрат енергії на збирання, транспортування та доопрацювання додаткового врожаю зерна досліджуваної культури.

Таблиця 3
Енергетична ефективність технології вирощування пшениці озимої сорту Кнопа залежно від строків сівби (середнє за 2011–2017 рр.)

Строк сівби	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
		прихід енергії з урожаєм, ГДж/га, E _в	витрати енергії, ГДж/га, E _о	приріст енергії, ГДж/га, E	енергетичний коефіцієнт, K _e	енергосмістність продукції, ГДж/т, E _{пр}
25 вересня	5,65	77,8	25,8	52	3,02	4,57
5 жовтня	6,3	86,8	26,2	60,6	3,31	4,16
15 жовтня	5,46	75,2	25,5	49,7	2,95	4,67
25 жовтня	3,42	47,1	24,8	22,3	1,9	7,25

Максимальний приріст енергії (60,6 ГДж/га) та енергетичний коефіцієнт (3,31) отримано у варіанті із сівбою 5 жовтня, а найгірші енергетичні показники та зростання енергоємності продукції до 7,25 ГДж/т було за четвертого строку сівби – 25 жовтня.

У вирощуванні ячменю озимого з річними строками сівби проявилася тенденція до зменшення приходу енергії з урожаєм за переходу від сівби 25 вересня до 25 жовтня (табл. 4). Витрати енергії коливалися неістотно, залежали від величини додаткових витрат на збирання, транспортування та доопрацювання врожаю.

Найкращі енергетичні показники – приріст енергії 50,7–51,1 ГДж/га з енергетичними коефіцієнтами 2,91–2,93 – були за сівби ячменю озимого сорту Достойний 25 вересня та 5 жовтня. Найбільша енергоємність вирощування 1 т зерна досліджуваної культури (6,14 ГДж) була за останнього строку сівби – 25 жовтня.

Установлено, що під час вирощування пшениці озимої після чорного пару на фоні основного мінерального удобрення, застосування позакореневих підживлень біопрепаратами, особливо азотним добривом, істотно позначається на показниках приходу енергії з урожаєм пшениці (табл. 5).

Таблиця 4

Енергетична ефективність технології вирощування зерна ячменю озимого (дворучки) сорту Достойний залежно від строків сівби (середнс, 2011–2017 рр.)

Строк сівби	Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
		прихід енергії з урожаєм, ГДж/га, Е _в	витрати енергії, ГДж/га, Е _о	приріст енергії, ГДж/га, Е	енергетичний коефіцієнт, Ке	енергоємність продукції, ГДж/т, Е _{пр}
25 вересня	5,66	77,9	26,8	51,1	2,91	4,73
5 жовтня	5,59	77	26,3	50,7	2,93	4,7
15 жовтня	4,93	67,9	25,6	42,3	2,65	5,19
25 жовтня	3,94	54,3	24,2	30,1	2,24	6,14

Максимальний рівень цього енергетичного показника зафіксовано у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{32}P_{32}K_{32}$ і $N_{64}P_{64}K_{64}$ на фоні додаткового підживлення азотним добривом (N_{60}), які становили 75,9 та 74,5 ГДж/га відповідно. Варто зауважити, що витрати енергії під час вирощування зерна досліджуваної культури змінювалися здебільшого пропорційно покращенню фону мінерального живлення. У контрольному варіанті цей показник становив у середньому 24,8 ГДж/га, а у варіантах із внесенням добрив підвищився до 27,9 і 30,6 ГДж/га, або на 12,5–23,4%, відповідно.

Найкраща енергетична ефективність із приростом енергії на рівні 43,5–44,7 ГДж/га, енергетичним коефіцієнтом 2,43–2,59 зазначена у варіантах з основним удобренням у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$, з одночасним позакореневим підживленням біопрепаратом Гуматал нано й азотним добривом у дозі N_{60} .

Найбільша енергоємність продукції – 6,90 ГДж/т – зафіксовано у варіанті без внесення мінеральних добрив та за підживлення азотним добривом.

Під час вирощування пшениці озимої у сівозміні після гороху, унаслідок зменшення врожайності зерна порівняно з паровим попередником також зменшився прихід енергії, особливо у варіанті абсолютного контролю – без внесення мінеральних добрив і без підживлень, де він становив 37,3 ГДж/га.

Таблиця 5

Енергетична ефективність застосування добрив і біопрепаратів під час вирощування пшениці озимої, попередник – чорний пар (середнє за 2016–2018 рр.)

Варіант		Урожайність, т/га	Енергетичні показники				
внесення мінеральних добрив	Підживлення біопрепаратами і азотним добривом		прихід енергії з урожаєм, ГДж/га, Е _в	витрати енергії, ГДж/га, Е _о	приріст енергії, ГДж/га, Е	енергетичний коефіцієнт, К _е	енергоємність продукції, ГДж/т, Е _{пр}
без внесення добрив	Контроль	3,79	52,2	23,5	28,7	2,22	6,2
	Гуматал нано	4,07	56	24,1	31,9	2,33	5,92
	Азотофіт	3,97	54,7	24,1	30,6	2,27	6,07
	Стимпо	3,88	53,4	24,1	29,3	2,22	6,21
	N ₆₀	4,06	55,9	28	27,9	2	6,9
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	Контроль	4,19	57,7	26,7	31	2,16	6,37
	Гуматал нано	5,14	70,8	27,3	43,5	2,59	5,31
	Азотофіт	4,28	58,9	27,3	31,6	2,16	6,38
	Стимпо	4,27	58,8	27,3	31,5	2,15	6,39
	N ₆₀	5,51	75,9	31,2	44,7	2,43	5,66
N ₆₄ P ₆₄ K ₆₄	Контроль	4,72	65	29,3	35,7	2,22	6,21
	Гуматал нано	5,15	70,9	29,9	41	2,37	5,81
	Азотофіт	4,98	68,6	29,9	38,7	2,29	6
	Стимпо	4,75	65,4	29,9	35,5	2,19	6,29
	N ₆₀	5,41	74,5	33,8	40,7	2,2	6,25

Витрати енергії були максимальними (29,6–32,2 ГДж/га) у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозах N₆₄P₆₄K₆₄ та додатковим підживленням азотним добривом у період вегетації.

Найбільший рівень приросту енергії (30,6 ГДж/га) був за сполучення варіантів – основне внесення мінеральних добрив у дозах N₃₂P₃₂K₃₂ та підживлення азотним добривом. Енергетичний коефіцієнт максимального значення набув у другому варіанті мінерального живлення та за позакореневого підживлення біопрепаратом Гуматал нано. Енергоємність вирощування зерна в середньому за чинником основного удобрення була найменшою у другому варіанті – 6,7, у першому і другому варіантах цей показник збільшився до 7,9 і 7,1 ГДж/га, або на 17,9 і 6%, відповідно.

У польовому досліді, де пшеницю озиму сорту Кнопа, яку вирощували в сівозміні після гірчиці, проявилися тенденції формування показників приходу енергії

та її витрат ідентичних показникам, що отримані після попередників пару чорного і гороху. Найбільший приріст енергії (28,5 ГДж/га) досягнуто у варіанті з максимальною дозою мінеральних добрив ($N_{64}P_{64}K_{64}$) разом із позакореневим підживленням азотним добривом у дозі N_{60} . Найбільший енергетичний коефіцієнт (2–2,05) одержано у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$, а також позакореневим підживленням біопрепаратами Гуматал нано й Азотофіт.

У цих же варіантах зафіксовано мінімальний рівень енергоємності (6,71–6,88 ГДж/т) порівняно з контрольним варіантом (без мінеральних добрив і без підживлень), де він підвищився до 7,99 ГДж/т, або на 16,1–19,1%.

Висновки. За результатами енергетичного аналізу визначено, що в разі застосування мілкого основного обробітку ґрунту приріст енергії підвищився до 26,1 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт становив 2,2. У досліді із встановлення оптимального фону мінерального живлення з'ясовано, що витрати енергії перебували у прямій залежності від витрат азотних, фосфорних і калійних добрив із тенденцією до зростання до 37,1–39,4 ГДж/га у варіантах із найбільшими дозами добрив. Максимальні показники приросту енергії на рівні 60,6 ГДж/га, а також енергетичний коефіцієнт 3,31 одержано у варіанті із сівбою пшениці озимої 5 жовтня, а найгірші енергетичні показники та зростання енергоємності продукції до 7,25 ГДж/т було за четвертого строку сівби – 25 жовтня. Під час вирощування ячменю озимого з річними строками сівби проявилася тенденція до зменшення приходу енергії з урожаєм у разі переходу від сівби 25 вересня до 25 жовтня. З енергетичного погляду оптимальним виявився варіант із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{64}P_{64}K_{64}$ та максимальною схемою підживлення біодобривами. Найбільший енергетичний коефіцієнт (2–2,05) одержано у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$, а також за позакореневого підживлення біопрепаратами Гуматал нано й Азотофіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зубець М., Панасюк Б. Актуальні проблеми економіки України. Київ : Аграрна наука, 2004. 84 с.
2. Організаційно-економічне обґрунтування виробничої програми з рослинництва : методичні вказівки / М. Ільчук та ін. Київ, 2006. 112 с.
3. Оптимізація природокористування : навчальний посібник: у 5-ти т. / С. Дорогунцов та ін. Т. 1 : Природні ресурси : еколого-економічна оцінка. Київ : Кондор, 2004. 291 с.
4. Лихочвор В., Проць Р. Озима пшениця. Львів : НВФ «Українські технології», 2002. 88 с.
5. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / М. Зубець та ін. Київ : Аграрна наука, 2004. 844 с.
6. Друз'як В. Вплив строків сівби нових сортів озимої м'якої пшениці на урожайність зерна. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса : ОДАУ, 2002. Вип. 18. С. 15–16.
7. Стельмах А., Литвиненко М., Файт В. Яровизаційна потреба та фоточутливість сучасних генотипів озимої м'якої пшениці. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса : СГІ-НАЦ НАІС, 2004. Вип. 5 (45). С. 118–127.
8. Довгань С., Сядриста О. Озимині – надійний захист. *Пропозиція*. 2008. № 9. С. 80–84.
9. Жученко А., Казанцев Э., Афанасьев В. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев : Штиинца, 1983. 82 с.
10. Методика оцінки біоенергетичної ефективності технологій виробництва сільськогосподарських культур / В. Ушкаренко та ін. Херсон : Колос, 1997. 21 с.