

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ СХЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН ТА СТРОКІВ СІВБИ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ

ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-1241-8634

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,

академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-5028-2048

Національна академія аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,

академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Важливе значення має енергетична оцінка вирощування агрокультур, оскільки вона забезпечує отримання інформації стосовно витрат та прибутків енергії, а енергетичні показники меншою мірою змінюється порівняно з економічними параметрами агротехнологій (наприклад, реалізаційна ціна 1 т зерна пшениці, вартість на придбання та проведення поливів, вартість пального, мінеральних добрив, пестицидів, технічних засобів тощо). Також енергетичний аналіз дозволяє встановити можливість ресурсозбереження та рекомендувати виробництву енергоощадні технології виробництва агрокультур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При плануванні технології вирощування польових культур у посушливих умовах Південного Степу України особливу увагу необхідно приділяти енергозберігаючим і екологічно чистим технологіям. У зв'язку з високими ресурсними витратами на вирощування пшениці озимої актуальним стає пошук зменшених усіх видів енерговитрат. Зрошення є важливим ланцюгом технології, фактором підвищення врожайності всіх агрокультур. У різних ґрунтово-кліматичних зонах необхідно підбирати сорти або гібриди, які придатні для зрошення та забезпечують найвищу окупність поливної води [1].

Енергетичний аналіз сумісно з економічним також забезпечує можливість провести оцінку ефективності технологій вирощування різних за біологічними особливостями й генетичним потенціалом культур, а також ефективності застосування окремих елементів агротехнологій у землеробстві й рослинництві [2, 3].

Особливістю розвитку сільського господарства на сучасному етапі є те, що збільшення врожайності у 2–3 рази супроводжується зростанням витрат неоновлюваної енергії на одиницю продукції в декілька разів. Це дає підставу розглядати виробництво продуктів рослинництва як енергетичну проблему [4]. Однією з найважливіших передумов зростання виробництва сільськогосподарської продукції є раціональне використання енергетичних ресурсів. Для оцінки ефективності того чи іншого технологічного заходу не можна обмежуватись лише економічною ефективністю, яка значною

мірою визначається кон'юктурою ринку [5, 6]. Більш об'ємною і об'єктивною оцінкою ефективності виробництва є визначення затрат сукупної енергії і співставлення її з енергетикою урожаю. Одним зі шляхів підвищення ефективності енерговикористання при виробництві продукції рослинництва є оптимізація технологічних прийомів та збільшення виходу продукції з одиниці площі [7].

За умов, коли агровиробництво відчуває дефіцит ресурсного потенціалу, а виробництво енергії поступово дорожчає, важливе значення має енергетична оцінка розроблених технологій. Оскільки одержання максимальної кількості рослинницької продукції за мінімальних затрат енергії є пріоритетним і необхідним завданням сучасної аграрної науки [8, 9]. Економічні методи оцінки технологій вирощування агрокультур у певній мірі є недостатніми, оскільки мають значні коливання, що зумовлені ціновою політикою. Енергетичний аналіз дає можливість уникнути цих коливань й отримати більш об'єктивну характеристику технологічних процесів вирощування рослин. Отже, економічна і енергетична оцінки технологічних процесів вирощування агрокультур взаємодоповнюють одна одну і мають актуальне значення для сучасного агровиробництва України [10].

Енергетичний аналіз допомагає розкрити науково обґрунтовані підходи до вдосконалення структури посівних площ з метою ресурсо- та енергозбереження особливо в умовах зміни клімату.

Оскільки детальний аналіз впливу запропонованих агротехнічних заходів на продуктивність сортів пшениці озимої м'якої [11–13], в даному дослідженні основна увага приділялась виключно енергетичній оцінці елементам удосконалених технологій.

Мета. Провести енергетичний аналіз розроблених елементів агротехніки вирощування сортів пшениці м'якої озимої на зрошенні.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження першого досліду проводили протягом 2010–2013 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН, що знаходиться в південно-західній частині Херсонської області у 12 км від м. Херсона на землях Інгулецької зрошувальної системи.

Трифакторний дослід (фактор А – сорт, В – строк сівби, С – система захисту рослин) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова, посівна площа ділянки третього порядку – 75 м², облікова – 50 м².

Дослідження другого досліді проводили протягом 2012–2015 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Двофакторний дослід (фактор А – строк сівби, В – система захисту рослин) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова, посівна площа ділянки третього порядку – 75 м², облікова – 50 м². Попередник – чистий пар. Строк сівби пшениці м'якої озимої: 5 вересня, 15 вересня, 25 вересня, 5 жовтня, 15 жовтня.

Дослідження третього досліді проводили протягом 2017–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Двофакторний дослід (фактор А – сорт, В – система захисту рослин) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова, посівна площа ділянки третього порядку – 75 м², облікова – 50 м². Попередник – чистий пар.

Об'єктом досліджень слугували наступні сорти. Сорт пшениці озимої Кохана. Оригіна́тор: Інститут зрошуваного землеробства НААН. Різновид *erythrospermum*. Короткостебловий сортотип. Характеризується високою репродуктивною здатністю, стійкий до вилягання. Морозостійкість вище середньої, посухостійкий. Сорт пшениці озимої Овідій. Оригіна́тор: Інститут зрошуваного землеробства НААН. Різновид *lutescens*. Сорт є одним з найбільш зимостійких в Україні – до 95% перезимівлі (рослини протягом 85 днів знаходиться під кригою). Морозостійкість вище середньої, посухостійкість і термостійкість високі. Сорт пшениці озимої Марія. Оригіна́тор: Інститут зрошуваного землеробства НААН. Різновид *erythrospermum*. Стійкий до вилягання та ураження хворобами. Посухостійкий. Сорт пшениці м'якої озимої Зіра. Оригіна́тор: ДУ Інститут зернових культур НААН, Синельниківська селекційно-дослідна станція Інституту зернових культур НААН. Сорт середньоранній, вегетаційний період 286–295 діб. Відноситься до сильних сортів пшениці. Висока зимостійкість. Потужний стартовий ріст.

В системі захисту рослин використовували наступні пестициди. Біопрепарат Трихопсин БТ. Мікробіологічний препарат інсекто-фунгіцидної та рістстимулювальної дії. Діючою основою препарату є міцелій, спори гриба із роду *Trichoderma* та ризосферні бактерії роду *Pseudomonas* з титром не нижче $2,0 \cdot 10^{10}$ КУО/см³, а також біологічно-активні речовини, що продукують штами-продуценти.

Інсектицид Нурел Д (Хлорпіріфос – 500 г/л, Ципермітрин – 50 г/л). Хімічна група – фенілпірозоліни. Препаративна форма – концентрат емульсії. Шкодочинний об'єкт: злакові попелиці, клоп шкідлива черепашка, п'явиці, хлібна жужелиця, хлібні жуки. Спосіб та час обробки: обприскування в період вегетації. Норми витрати препарату: 0,5–0,75 л/га.

Фунгіцид Фалькон (Bayer). Діюча речовина: тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л + спіроксамін, 250 г/л. Препаративна форма: концентрат, що емульгується. Механізм дії – діючі речовини препарату є інгібіторами біосинтезу стеролів. Об'єкт: борошниста роса, септоріоз, бура іржа, фузаріоз листя. Норма витрати 0,6 л/га. Строк застосування: кушіння, прапорцевий лист. Максимальна кількість обробок – 1.

Дослідження проводили згідно загальноновизначеної методики польових дослідів [14].

Результати досліджень. Енергетичні показники першого досліді були тісно пов'язані з економічною ефективністю вирощування досліджуваних культур залежно від досліджуваних факторів впливу, а також взаємодії природних та агротехнологічних чинників.

У першому польовому досліді визначено, що максимальне надходження енергії з врожаєм пшениці озимої – 93,1 ГДж/га, було досягнуто у варіанті з сортом Марія за першого строку сівби (20 вересня) на фоні дотримання хімічного захисту рослин (табл. 1). При цьому даний показник зменшився на 16,2% (до 80,1 ГДж/га) за вирощування досліджуваного сорту Овідій з висіванням 10 жовтня (третій строк) та без захисту рослин.

Витрати енергії на технологію вирощування пшениці озимої слабо відрізнялись за досліджуваними факторами та їх варіантами. Найменшими вони були у контрольних варіантах незалежно від сортового складу та строків сівби – в межах 28,5–30,0 ГДж/га. Зростання до 30 ГДж/га зафіксували у варіанті з хімічним захистом на сорті Марія за строку сівби 20 вересня, що пов'язано зі зростанням витрат на збирання, транспортування та хімічний захист за однакового рівня витрат щодо сортового складу та строків сівби.

У варіанті з сортом Марія за сівби 20 вересня (перший строк) та з дотриманням хімічного захисту рослин відбулося зростання приросту енергії до найвищої величини – 63,1 ГДж/га. Мінімальним даний енергетичний показник (51,6 ГДж/га) виявився за зниженням 22,3% виявився за вирощування сорту Овідій без захисту рослин та за перенесенням сівби на 10 жовтня (третій строк).

Коефіцієнт енергетичної ефективності розробленої технології вирощування пшениці озимої виявився дуже високим – понад 2,81 у всіх сполученнях досліджуваних факторів та їх варіантів. Цей показник перевищував 3,0 у сорту Овідій за сівби у перший строк (20.09) за хімічного захисту, другий строк (01.10) – за біологічного та хімічного захисту, а у третій строк (10.10) – ідентично з першим строком – лише за хімічного. На інших досліджуваних сортах відзначена схожа закономірність зростання коефіцієнту енергетичної ефективності у варіантах з біологічним та хімічним захистом, проте біологічний захист перевищував 3,0 у сортів Марія та Кохана тільки за першого строку сівби (20 вересня).

Енергоємність 1 тонни зерна пшениці озимої зростає до 4,54 ГДж/т у сорту Овідій за сівби у третій строк та без використання біологічних або хімічних засобів захисту рослин. Найраціональніше використання енергії з мінімальним досліджуваним показником (4,11 ГДж/т)

Таблиця 1

Енергетична ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від строків сівби і захисту рослин, дослід 1 (середнє за 2010–2013 рр.)

Сорт (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Захист рослин (фактор С)	Енергетичні показники				
			надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енерго-єм- ність, ГДж/т
Овідій	Перший (20.09)	Контроль (обробка водою)	80,8	28,5	52,3	2,83	4,51
		Біозахист	86,7	29,5	57,2	2,94	4,35
		Хімзахист	89,9	29,8	60,1	3,02	4,23
	Другий (01.10)	Контроль (обробка водою)	84,0	28,7	55,3	2,93	4,36
		Біозахист	89,1	29,6	59,5	3,01	4,25
		Хімзахист	92,6	29,9	62,7	3,09	4,13
	Третій (10.10)	Контроль	80,1	28,5	51,6	2,81	4,54
		Біозахист	85,7	29,5	56,2	2,91	4,39
		Хімзахист	89,9	29,8	60,1	3,02	4,23
Марія	Перший (20.09)	Контроль (обробка водою)	83,1	28,6	54,5	2,90	4,40
		Біозахист	89,4	29,6	59,7	3,02	4,24
		Хімзахист	93,1	30,0	63,1	3,11	4,11
	Другий (01.10)	Контроль (обробка водою)	82,5	28,6	53,9	2,88	4,43
		Біозахист	87,9	29,6	58,3	2,97	4,30
		Хімзахист	91,2	29,9	61,3	3,05	4,18
	Третій (10.10)	Контроль	81,9	28,6	53,3	2,86	4,46
		Біозахист	86,2	29,5	56,7	2,92	4,37
		Хімзахист	88,0	29,7	58,3	2,96	4,31
Кохана	Перший (20.09)	Контроль (обробка водою)	85,4	28,8	56,7	2,97	4,30
		Біозахист	89,3	29,6	59,6	3,01	4,24
		Хімзахист	89,8	29,8	60,0	3,01	4,24
	Другий (01.10)	Контроль (обробка водою)	86,5	28,8	57,6	3,00	4,26
		Біозахист	88,6	29,6	59,0	2,99	4,27
		Хімзахист	90,9	29,8	61,1	3,05	4,19
	Третій (10.10)	Контроль (обробка водою)	85,0	28,7	56,3	2,96	4,32
		Біозахист	88,5	29,6	58,9	2,99	4,27
		Хімзахист	89,6	29,8	59,9	3,01	4,24

зафіксували у варіанті, де вирощували сорт Марія за першого строку сівби та з дотриманням хімічного захисту рослин. Отже, різниця між цими крайовими значеннями слала 10,5%.

Згідно аналізу енергетичних показників з уточнення строків сівби із взаємодією із захистом рослин при вирощуванні пшениці озимої на поливних землях Півдня України доведено, що надходження валової продукції зросло до понад 82 ГДж/га за сівби 15 і 25 вересня та за хімічного

захисту рослин від шкідливих організмів. У варіанті, де не використовували засоби біологічного та хімічного захисту та запізненні із сівбою (5 варіант – сівба 15 жовтня) відбулося падіння цього показника на 25,8–26,5%.

Різниця по другому досліджуваному показнику (витрати енергії на вирощування пшениці озимої) слабо змінювались за досліджуваними варіантами, оскільки враховуючи слабкі зміни витрат при перенесенні строків сівби та несуттєвій різниці між варіантами

Таблиця 2

Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої залежно від строків сівби, дослід 2 (середнє за 2012–2015 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Захист рослин (фактор В)	Енергетичні показники				
		надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енергоємність, ГДж/т
5 вересня	Без захисту	69,0	25,5	43,5	2,71	4,73
	Біологічний	72,9	26,8	46,1	2,72	4,69
	Хімічний	75,7	27,4	48,4	2,77	4,50
15 вересня	Без захисту	73,8	25,7	48,1	2,87	4,44
	Біологічний	77,9	26,9	51,0	2,90	4,41
	Хімічний	82,6	27,5	55,2	3,01	4,14
25 вересня	Без захисту	72,2	25,5	46,7	2,83	4,51
	Біологічний	77,9	26,8	51,1	2,91	4,39
	Хімічний	82,2	27,4	54,9	3,01	4,13
5 жовтня	Без захисту	70,9	25,6	45,3	2,77	4,62
	Біологічний	75,9	26,9	49,0	2,82	4,53
	Хімічний	77,0	27,5	49,6	2,81	4,45
15 жовтня	Без захисту	65,3	25,6	39,7	2,55	5,01
	Біологічний	71,4	26,8	44,6	2,66	4,80
	Хімічний	72,3	27,4	45,0	2,64	4,72

з витратами на біологічний та хімічний захист різниця між крайовими значеннями склала 7,5%. При цьому за всіх строків сівби мінімальні показники були у контрольному варіанті, а максимальними – за хімічного захисту.

Приріст енергії збільшився до 55,2 ГДж/га у варіанті з хімічним захистом та сівбою пшениці озимої 15 вересня (другий строк). Зниження цього показника енергетичної ефективності на 38,3% (до 39,7 ГДж/га) відбулося у варіанті з висіванням культури 15 жовтня (п'ятий строк) без захисту рослин.

Коефіцієнт енергетичної ефективності як і приріст енергії характеризувався максимальною величиною – понад 3,0, за висівання культури, продуктивність якої досліджували, 15 вересня із дотриманням хімічної системи захисту від шкідливих об'єктів.

Максимальні витрати енергії на формування одиниці кінцевої рослинницької продукції на рівні 5,01 ГДж/га проявились за перенесення сівби на 15 жовтня (п'ятий строк) за відсутності біологічного або хімічного захисту рослин. Мінімальні значення даного показника у межах 4,13 ГДж/т сформувалися за сівби 25 вересня на фоні дотримання хімічної системи захисту рослин, що було менше на 21,3% за найвищий результат та свідчить про найбільш раціональне використання сукупної енергії при вирощуванні досліджуваних сортів пшениці озимої.

У третьому польовому досліді з пшеницею озимої встановлена суттєва різниця на рівні 29,9% між крайовими значеннями надходження сукупної енергії з врожаєм досліджуваної культури (табл. 3). При цьому мінімальне значення (66,7 ГДж/га) одержано у контрольному варіанті фактору В за вирощування сорту Зіра.

Витрати енергії на формування розробленої технології вирощування пшениці озимої в умовах зрошення Півдня України характеризувались певною стабільністю змінювались у діапазоні від 36,1 ГДж/га (сорт Зіра,

контроль без захисту рослин) до 37,3 ГДж/га (сорт Овідій, інтегрований захист рослин). Отже, найвища різниця між досліджуваними варіантами склала лише 3,4%.

Навпаки, приріст енергії проявив високі коливання як за сортовим складом, так і за варіантами захисту рослин. Так, мінімальним даний показник енергетичної ефективності 30,6 ГДж/га у варіанті з сортом Зіра без захисту рослин (контроль з обробкою чистою водою), а у варіанті з сортом Овідій за інтегрованого захисту рослин підвищилася на 61,1% (до 49,4 ГДж/га).

Коефіцієнт енергетичної ефективності, який відносять до найважливіших енергетичних показників, був менше 2,0 у варіантах з сортом Зіра без захисту рослин, а також за біологічної системи захисту від шкідливих організмів. До 2,32, або на 25,1–25,7% цей показник підвищився за вирощування сорту Овідій за дотримання інтегрованої системи захисту рослин.

Енергоємність 1 тонни зерна підвищилася до 7,2–7,6 ГДж у варіантах з біозахистом, а також у контрольному варіанті першого строку сівби за вирощування сорту Зіра. Найменші витрати енергії на формування 1 тонни врожаю зерна пшениці озимої (6,0–6,2 ГДж) зафіксували у сорту Овідій за формування хімічного та інтегрованого захисту рослин, що свідчить про енергетичну перевагу даного сполучення досліджуваних варіантів.

Висновки. Найвищий приріст енергії у межах 63,1 ГДж/га сформувався на сорті Марія за сівби 20 вересня та при застосуванні хімічного захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності розробленої технології вирощування пшениці озимої виявився дуже високим – понад 2,81 у всіх сполученнях досліджуваних факторів та їх варіантів. Енергоємність зерна пшениці озимої була максимальною (4,54 ГДж/т) на сорті Овідій за третього строку сівби та без захисту рослин.

Таблиця 3

Енергетична ефективність вирощування сортів пшениці озимої різного екологічного походження залежно від впливу захисту рослин, дослід 3 (середнє за 2017–2020 рр.)

Сорт (А)	Захист рослин (В)	Енергетичні показники				
		надходження енергії, ГДж/га	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	енергоємність, ГДж/т
Зіра	Без захисту	66,7	36,1	30,6	1,85	7,6
	Біологічний	70,8	36,5	34,3	1,94	7,2
	Хімічний	77,6	36,8	40,8	2,11	6,7
	Інтегрований	82,1	37,2	44,9	2,21	6,4
Овідій	Без захисту	73,5	36,3	37,2	2,02	6,9
	Біологічний	76,6	36,7	39,9	2,09	6,7
	Хімічний	83,6	37,0	46,6	2,26	6,2
	Інтегрований	86,7	37,3	49,4	2,32	6,0

Енергетичний аналіз довів перевагу щодо зростання надходження енергії продукції понад 82 ГДж/га за сівби 15 і 25 вересня та за хімічного захисту рослин від шкідливих організмів. Приріст енергії зменшився 38,3% за сівби 15 жовтня при відсутності захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності у цьому ж сполученні варіантів перевищив 3,0. Найбільша енергоємність 5,01 ГДж/га була зафіксована за сівби 15 жовтня (п'ятий строк) та відсутності захисту рослин. Мінімальним цей показник (4,13 ГДж/т) виявлений у варіанті з сівбою 25 вересня на фоні хімічного захисту рослин, що було менше на 21,3% за вищезгаданий варіант.

Найменше надходження енергії з врожаєм зерна пшениці озимої у межах 66,7 ГДж/га зафіксовано на сорті Зіра за відсутності захисту рослин (контроль). Витрати енергії мали не суттєві відмінності з різницею лише 3,4%. Приріст енергії був найбільшим на сорті Овідій при інтегрованому захисті рослин – 49,4 ГДж/га, що було більше за контрольний варіант сорту Зіра на 61,1%. За кумулятивної дії засобів захисту отримали найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,32. Максимальна енергоємність вирощеної продукції зросла до 7,2–7,6 ГДж у другому та першому варіантах фактору В (біозахист, контроль).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Булигін С., Вітвіцький С., Тонха О., Ткаченко М. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 102(5). С. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202405-01>.
- Ткачук О. П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 1. С. 124–132. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0215>.
- Nedilska U. Features of growing and yield potential of energy culture. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2022. № 34. Р. 45–51. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-6>.
- Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В., Мордванюк М. О. Енергетична ефективність технологічних прийомів вирощування нуту в умовах зміни

клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25 (2). С. 5–13.

- Квітко Г. П., Михальчук Д. П., Карасевич В. В. Перспективи вирощування нуту посівного в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 113–120.
- Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах правобережного Лісостепу України. *Молодий вчений. Сільськогосподарські науки*. 2014. № 10(13). С. 18–20.
- Palamarchuk V., Honcharuk I., Telekalo N., Krychkovskiy V., Kupchuk I., Mordvaniuk M. Modeling of hybrid cultivation technology corn to ensure energy efficiency for sustain. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(7). Р. 204–211. doi: 10.15421/2021_260.
- Білоножко М. А., Руденко І. С., Мойсеєнко В. І. та ін. Рослинництво з основами землеробства. Київ, 1986. 224 с.
- Соловей Д. Ю. Досвід застосування енергетичного аналізу для оцінки технологічних процесів і технологій у рослинництві. *Економіка АПК*. 2004. № 4. С. 91–94.
- Мазур О. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування сортів квасолі звичайної. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 152–159.
- Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від строків сівби, біологічної та хімічної систем захисту рослин від хвороб і шкідників в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 25–32. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.3>.
- Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів агротехнології в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 82. С. 11–19. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.2>.
- Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від різних схем захисту рослин в Південному Степу. *Agriculture and forestry*. 2024. № 4(35). С. 97–108. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-9>.
- Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Гринь Д. С., 2014. 286 с.

REFERENCES:

1. Bulygin, S., Vitvitskyi, S., Tonkha, O., & Tkachenko, M. (2024). Enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur za riznykh system udobrennia siroho lisovoho gruntu [Energy efficiency of growing agricultural crops under different fertilization systems of gray forest soil]. *Visnyk ahraryoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 102(5), 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01> [in Ukrainian].
2. Tkachuk, O.P. (2022). Ecological, economic and bioenergetic assessment of winter wheat cultivation technologies after leguminous perennial grasses [Ekoloho-ekonomichna ta bioenerhetychna otsinka tekhnolohii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi pislia bobovykh bahatorichnykh trav]. *Zernovi kultur – Cereal crops*, 6(1), 124–132. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0215> [in Ukrainian].
3. Nediliska, U. (2022). Features of growing and yield potential of energy culture. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 34, 45–51. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-6>
4. Mazur, V.A., Didur, I.M., Pantsyryeva, G.V., & Mordvanyuk, M.O. (2022). Enerhetychna efektyvnist tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannya nutu v umovakh zminy klimatu [Energy efficiency of technological methods of chickpea cultivation in conditions of climate change]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, 25(2), 5–13 [in Ukrainian].
5. Kvitko, H.P., Mykhalchuk, D.P., & Karasevych, V.V. (2013). Prospects for growing chickpeas in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine [Perspektyvy vyroshchuvannya nutu posivnoho v umovakh Lisostepu Ukrainy]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 75, 113–120 [in Ukrainian].
6. Kalenska, S.M., Novytska, N.V., & Barzo, I.T. (2014). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya nutu v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Economic efficiency of chickpea cultivation in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Molodyi vchenyi. Silskohospodarski nauky. – Young scientist. Agricultural sciences*, 10(13), 18–20 [in Ukrainian].
7. Palamarchuk, V., Honcharuk, I., Telekalo, N., Krychkovskyi, V., Kupchuk, I., & Mordvaniuk, M. (2021). Modeling of hybrid cultivation technology corn to ensure energy efficiency for sustain. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(7), 204–211. doi: 10.15421/2021_260.
8. Bilonozhko, M.A., Rudenko, I.S., & Moiseienko, V.I. (1986). *Roslynnytstvo z osnovamy zemlerobstva [Crop production with the basics of agriculture]*. Kyiv, 224 [in Ukrainian].
9. Solovey, D.Yu. (2004). Dosvid zastosuvannya energetychnoho analizu dlia otsinky tekhnolohichnykh protsesiv i tekhnolohii u roslinnytstvi [Experience in using energy analysis to assess technological processes and technologies in crop production]. *Ekonomika APK – Economics of Agricultural Industry*, 4, 91–94 [in Ukrainian].
10. Mazur, O.V. (2018). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya sortiv kvasoli zvychnoi [Economic and energy efficiency of growing common bean varieties]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 8, 152–159 [in Ukrainian].
11. Gadzalo, Ya.M., Vozhegova, R.A., & Likar, Ya.O. (2023). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivyby, biolohichnoi ta khimichnoi system zakhystu roslyn vid khvorob i shkidnykiv v umovakh zroshennia [Productivity of winter wheat varieties depending on sowing dates, biological and chemical systems of plant protection against diseases and pests under irrigation conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 79, 25–32. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.3> [in Ukrainian].
12. Hadzalo, Ya.M., Vozhegova, R.A., & Likar, Ya.O. (2024). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid elementiv ahrotekhnolohii v umovakh zroshennia [Productivity of winter wheat varieties depending on the elements of agrotechnology under irrigation conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 82, 11–19. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.2> [in Ukrainian].
13. Gadzalo, Ya.M., Vozhegova, R.A., & Likar, Ya.O. (2024). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid riznykh skhem zakhystu roslyn v Pivdennomu Stepu [Productivity of winter wheat varieties depending on different plant protection schemes in the Southern Steppe]. *Agriculture and forestry*, 4(35), 97–108. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-9> [in Ukrainian].
14. Vozhegova, R.A., Lavrynenko, Y.O., & Malyaruk, M.P. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methodology of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Grin D.S., 286 [in Ukrainian].

Лікар Я.О., Гадзало Я.М., Вожегова Р.А.
Енергетичний аналіз технології вирощування сортів пшениці озимої м'якої залежно від різних схем захисту рослин та строків сівби в Південному Степу

Мета статті – провести енергетичний аналіз розроблених елементів агротехніки вирощування сортів пшениці м'якої озимої на зрошенні. **Методи та матеріали досліджень.** Методологічною основою даного дослідження є: емпіричні (польові експерименти та спостереження; вимірювання показників об'єкту дослідження; порівняння впливу елементів агротехнологій), теоретичні (висунення гіпотези та формування висновків за результатами досліджень; статистичний; математичний). **Результати.** Витрати енергії на формування технології вирощування пшениці озимої в умовах зрошення Півдня України характеризувались певною стабільністю й змінювались у діапазоні від 36,1 ГДж/га (сорт Зіра, контроль без захисту рослин) до 37,3 ГДж/га (сорт Овідій, інтегрований захист рослин). Коефіцієнт енергетичної ефективності, який відносять до найважливіших енергетичних показників, був менше 2,0 у варіантах з сортом Зіра без захисту рослин, а також за біологічної системи захисту від шкідливих організмів. До 2,32, або на 25,1–25,7% цей показник підвищився за вирощування сорту Овідій за дотримання інтегрованої системи захисту рослин. Енергоємність 1 тонни зерна підвищилася до 7,2–7,6 ГДж у варіантах з біозахистом, а також у контрольному варіанті першого строку сівби за вирощування сорту Зіра. Найменші витрати енергії на формування 1 тонни врожаю зерна пшениці озимої (6,0–6,2 ГДж) зафіксували у сорту Овідій за формування хімічного та інтегрованого захисту рослин, що свідчить про енергетичну перевагу даного сполучення досліджуваних варіантів. **Висновки.** Найвищий приріст енергії у межах 63,1 ГДж/га сформувався на сорті Марія за сівби 20 вересня та при застосуванні хімічного

захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності розробленої технології вирощування пшениці озимої виявився дуже високим – понад 2,81 у всіх сполученнях досліджуваних факторів та їх варіантів. Енергоємність зерна пшениці озимої була максимальною (4,54 ГДж/т) на сорті Овідій за третього строку сівби та без захисту рослин. Енергетичний аналіз довів перевагу щодо зростання надходження енергії продукції понад 82 ГДж/га за сівби 15 і 25 вересня та за хімічного захисту рослин від шкідливих організмів. Приріст енергії зменшився 38,3% за сівби 15 жовтня при відсутності захисту рослин. Коефіцієнт енергетичної ефективності у цьому ж сполученні варіантів перевищив 3,0. Найбільша енергоємність 5,01 ГДж/га була зафіксована за сівби 15 жовтня (п'ятий строк) та відсутності захисту рослин. Мінімальним цей показник (4,13 ГДж/т) виявлений у варіанті з сівбою 25 вересня на фоні хімічного захисту рослин, що було менше на 21,3% за вищезгаданий варіант. Приріст енергії був найбільшим на сорті Овідій при інтегрованому захисті рослин – 49,4 ГДж/га, що було більше за контрольний варіант сорту Зіра на 61,1%. За кумулятивної дії засобів захисту отримали найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,32. Максимальна енергоємність вирощеної продукції зросла до 7,2–7,6 ГДж у другому та першому варіантах фактору В (біозахист, контроль).

Ключові слова: сорт, пшениця м'яка озима, захист рослин, витрати енергії, енергоємність, урожайність.

Likar Ya.O., Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A. Energy analysis of the technology of growing soft winter wheat varieties depending on different plant protection schemes and sowing dates in the Southern Steppe

The purpose of the article is to conduct an energy analysis of the developed elements of agricultural technology for growing soft winter wheat varieties under irrigation. **Research methods and materials.** The methodological basis of this study is: empirical (field experiments and observations; measurement of indicators of the research object; comparison of the impact of elements of agricultural technologies), theoretical (hypothesis formulation and formation of conclusions based on research results; statistical; mathematical). **The results.** Energy costs for the formation of winter wheat cultivation technology under irrigation conditions in the South of Ukraine were characterized by a certain stability and varied in the range from 36.1 GJ/ha (Zira variety, control without plant protection)

to 37.3 GJ/ha (Ovidii variety, integrated plant protection). The energy efficiency coefficient, which is considered one of the most important energy indicators, was less than 2.0 in the variants with the Zira variety without plant protection, as well as with a biological system of protection against harmful organisms. This indicator increased to 2.32, or by 25.1–25.7%, when growing the Ovidii variety with an integrated plant protection system. The energy intensity of 1 ton of grain increased to 7.2–7.6 GJ in the variants with bioprotection, as well as in the control variant of the first sowing period for growing the Zira variety. The lowest energy consumption for the formation of 1 ton of winter wheat grain yield (6.0–6.2 GJ) was recorded in the Ovidii variety for the formation of chemical and integrated plant protection, which indicates the energy advantage of this combination of the studied variants. **Conclusions.** The highest energy gain within 63.1 GJ/ha was formed on the Maria variety when sowing on September 20 and when using chemical plant protection. The energy efficiency coefficient of the developed winter wheat growing technology turned out to be very high – over 2.81 in all combinations of the studied factors and their variants. The energy intensity of winter wheat grain was maximum (4.54 GJ/t) on the Ovidii variety during the third sowing period and without plant protection. Energy analysis proved the advantage in terms of increasing the energy input of products over 82 GJ/ha when sowing on September 15 and 25 and when using chemical plant protection against harmful organisms. The energy gain decreased by 38.3% when sowing on October 15 in the absence of plant protection. The energy efficiency coefficient in the same combination of variants exceeded 3.0. The highest energy intensity of 5.01 GJ/ha was recorded when sowing on October 15 (fifth term) and without plant protection. The minimum of this indicator (4.13 GJ/t) was found in the variant with sowing on September 25 against the background of chemical plant protection, which was 21.3% less than the above-mentioned variant. The energy gain was the greatest in the Ovidii variety with integrated plant protection – 49.4 GJ/ha, which was 61.1% more than the control variant of the Zira variety. With the cumulative effect of protection agents, the highest energy efficiency coefficient was obtained – 2.32. The maximum energy intensity of the grown products increased to 7.2–7.6 GJ in the second and first variants of factor B (bioprotection, control).

Key words: variety, soft winter wheat, plant protection, energy consumption, energy intensity, yield.