

**ЕКОНОМІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР РОДИНИ
КАПУСТЯНИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Шаббір Гулам

кандидат сільськогосподарських наук, провідний еколог
ТОВ «Ворлі прожект менеджмент», Кувейт
ORCID: 0000-0002-9134-3978
naqeebi@yahoo.com

Мельник Андрій Васильович

доктор сільськогосподарських наук, професор,
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-7318-6262
melnyk_ua@yahoo.com

Бутенко Сергій Олександрович

доктор філософії, старший викладач
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-9925-3029
serg101983@ukr.net

Алі Шахід

кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач
Міжнародний коледж Пакистану, м. Хафтіан, Кувейт
ORCID: 0009-0009-4624-7141
botono12@gmail.com

Костина Тарас Петрович

кандидат сільськогосподарських наук, керівник напрямку відділу насіння
ТОВ «БАСФ Т.О.В», м. Київ, Україна
ORCID: 0009-0007-4009-5576
kostyna.taras@gmail.com

Олійно-жировий комплекс України є єдиним сектором аграрного виробництва, де завдяки запровадженню економічних методів регулювання ринку встановлено баланс економічних інтересів держави, сільськогосподарської та переробної сфер виробництва і внутрішнього споживача. Це демонструють одержані маси прибутків, рівні рентабельності та показники коефіцієнтів енергетичної ефективності. Завдяки біологічним особливостям та біохімічному складу олії цих культур вони з кожним роком набувають більшого значення і на сьогоднішній день перейшли з розряду «експериментальних» до категорії «цікавих» сільськогосподарським виробникам як альтернатива традиційним олійним культурам, зокрема соняшнику.

Доведено, що вирощування олійних культур родини капустяних в умовах північно-східного Лісостепу України є вигідним як в економічному, так і енергетичному розрізі питання. Це демонструють одержані маси прибутків, рівні рентабельності та показники коефіцієнтів енергетичної ефективності. Для олійних культур родини капустяних максимальний рівень рентабельності (135–138 %) було отримано за відсутності внесення мінеральних добрив. Розрахована структура витрат при вирощуванні олійних культур родини капустяних, таких як гірчиця сиза, біла, чорна та ріпак ярий: витрати на оплату праці в середньому для всіх культур становлять 5–12 %; насіння 2–6 % (вітчизняне) та 7–14 % (іноземне); засоби захисту 11–36 %; пальне 20–44 %; інші витрати близько 20 %. Внесення мінеральних добрив нормою $N_{30}P_{30}K_{30}$ (16–20 %), $N_{60}P_{60}K_{60}$ (26–31 %); $N_{90}P_{90}K_{90}$ (33–39 %). Максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності ($K_{ee} = 3,49–4,70$ %) абсолютно для всіх сортів, що досліджувались, забезпечували такі фактори, як відсутність мінерального живлення та позакореневого підживлення. Внесення добрив обумовлювало зниження енергетичної ефективності абсолютно на всіх варіантах вирощування олійних культур родини капустяні. Коефіцієнти енергетичної ефективності знижувалися за внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ на 1,09–1,36; $N_{60}P_{60}K_{60}$ на 1,47–1,94; $N_{90}P_{90}K_{90}$ на 1,78–2,40 в порівнянні з контролем.

Ключові слова: олійні культури, гірчиця, ріпак, сорти, добрива, врожайність, рентабельність, економічна та енергетична ефективність.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.3.13>

Вступ. Олійно-жировий комплекс України є єдиним сектором аграрного виробництва, де завдяки запровадженню економічних методів регулювання ринку встановлено баланс економічних інтересів держави, сільськогосподарської та переробної сфер виробництва і внутрішнього споживача.

Розвиток переробної промисловості в Україні має значні перспективи як щодо забезпечення внутрішніх потреб, так і щодо задоволення попиту зовнішнього ринку. Це зумовлено переорієнтацією у структурі харчування населення економічно розвинених країн із тваринних жирів на рослинні та олію і зростанням загальної чисельності населення планети. Також важливим фактором розширення виробництва олій стало подорожчання енергоносіїв, та збільшення використання олії для технічних потреб (біопалива, мийних засобів, фарб тощо) (Butenko & Jia, 2022., Melnyk et al., 2021, Melnyk et al., 2022).

Виробнича база олійно-жирових підприємств дозволяє переробляти різні види насіння олійних культур – як поширених (соняшнику, ріпаку, сої), так і нетрадиційних, так званих нішевих культур – рижій, гірчиця, редька олійна, льон олійний, крамбе (гірчиця) абісінська тощо (Melnyk et al., 2022).

Завдяки біологічним особливостям та біохімічному складу олії цих культур вони з кожним роком набувають більшого значення і на сьогоднішній день перейшли з розряду «експериментальних» до категорії «цікавих» сільськогосподарським виробникам як альтернатива традиційним олійним культурам, зокрема соняшнику (Ali Shahid, 2018, Chaika et al., 2022).

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження були проведені на дослідному полі ННБК (навчально-науково-виробничого комплексу) Сумського національного аграрного університету упродовж 2019–2021 рр. України. Дослідні ділянки Сумського НАУ знаходяться в межах м. Суми (50°52,742N широта, 34°46,159E. Довгота та 137,7 м над рівнем моря) і належить до північно-східної частини Лісостепу (Melnyk et al., 2022, Vyshnivskiy 2011).

Характеристика ґрунту – чорнозем типовий глибокосередньо-гумусовий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах. Вміст гумусу за Тюрнімом 4,1–4,5 %; рН сольове 6,0–6,2 % Вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 120 мг/кг, рухомих сполук P₂O₅ і K₂O за Чириковим – 202 мг/кг та 85 мг/кг відповідно. Безпосередньо на дослідній ділянці було проведено відбір ґрунту та здійснено його агрохімічний аналіз (Dhaliwal et al., 2021, Peipei et al., 2022, Rana et al., 2020).

Предмет дослідження – гірчиця сиза (*Brassica juncea* L) сорт Пріма; гірчиця біла (*Sinapis alba* L) сорт Ослава; гірчиця чорна (*Brassica nigra* Koch) сорт Софія; ріпак ярий (*Brassica napus* L) гібрид Мірко КС; норми мінеральних добрив та види добрив для позакореневого підживлення, погодні умови, економічна та енергетична ефективність досліджуваних елементів технології вирощування (Ali Shakhid., 2018., Butenko & Jia, 2022, Melnyk et al., 2020).

Схема досліду. Фактор А – Рослини родини капустяних (*Brassicaceae*) – гірчиця біла (сорт Ослава), гірчиця

сиза (сорт Пріма), гірчиця чорна (сорт Софія), ріпак ярий (гібрид Мірко); Фактор В – норми мінеральних добрив: контроль (без добрив); N₃₀P₃₀K₃₀; N₆₀P₆₀K₆₀; N₉₀P₉₀K₉₀; фактор С – позакоренево підживлення рослин: контроль (без добрив); Басфоліар 12-4-6+S (6,0 л/га) + Солю Бор (3,0 л/га); Вуксал борон (3,0 л/га) + Вуксал біоаміноплант (3,0 л/га); Спектрум В+Мо (2,0 л/га) + Спектрум Аскоріст (3,0 л/га).

Параметри досліду: I_a = 4; I_b = 4; I_c = 4; n=4, площа облікової ділянки 15 м². Ділянки розміщені методом організованих повторень у чотири яруси.

Під час проведення досліджень технології вирощування гірчиці та ріпаку були загальноприйнятими для зони досліджень, окрім елементів, що вивчалися (Butenko & Jia, 2022, Dhaliwal et al., 2021, Haro & Namainnova 2021). Попередник – зернові колосові. Спосіб сівби – рядковий з міжряддям 15 см. Норма висіву 1,5 млн шт. насінин на гектар.

Аналіз структури врожаю проводили за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур». Збирання культури проводили поділяночно прямим комбайнуванням Massey Ferguson 307 у період, коли колір основного стебла та стручків був жовтим, а листя обпало, з одночасним зважуванням насіння за варіантами досліду і відбором зразків для визначення вологості та чистоти. Урожай доводили до 100 % чистоти та 10 % вологості насіння. Вміст олії встановлювали на інфрачервоному аналізаторі SupNir 2750 (Dhaliwal et al., 2021, Melnyk et al., 2019).

Економічну оцінку досліджуваних факторів проводили за методикою визначення економічної ефективності в сільському господарстві за цінами, які склалися на вересень 2021 р. Визначали витрати на 1 га, собівартість 1 т насіння, чистий прибуток і рівень рентабельності (Hadzalo et al., 2020). Енергетичну оцінку здійснювали за методиками А. К. Медведовського і П. І. Іваненка та ін. (Kozina, 2014).

Результати. Економічна ефективність – це отримання вартісних показників, шляхом співвідношення ресурсів і результатів виробництва. Систему визначення економічної ефективності вирощування с/г культур, потрібно створювати за таким принципом, щоб вона максимально могла розкрити два взаємозв'язаних і взаємозалежних аспекти діяльності сільськогосподарських підприємств. Основні ж аспекти – це раціональність використання аграрними підприємствами земельних ресурсів за показниками загального ефекту на одиницю площі с/г угідь, а також показники економічності виробництва, що розкриють ціну одержаного ефекту (Kozina, 2014).

Для оцінювання ефективності впровадження нових технологічних операцій необхідно враховувати до уваги абсолютно всі показники рентабельності. Одним із важливих показників економічної ефективності є маса прибутку, вона допомагає скласти правильне уявлення не лише про вигідність вирощування певного виду продукції в умовах господарства, а й про економічний ефект в цілому. Адже часто використання необґрунтованих прийомів технології

виросування може призвести до отримання занадто дорогої продукції, і як наслідок – збитків (Voloshchuk, 2024).

Результати обрахунків свідчать, що вирощування гірчиці сизої сорту Пріма є економічно вигідним абсолютно на всіх варіантах досліді. Залежно від норм внесення добрив та варіантів позакореневого підживлення основні показники економічної ефективності варіювали: собівартість – 192,8–320,6 грн/т, прибуток – 229,4–361,9 грн/га, рентабельність – 37–128 % (табл. 1).

Отриманий найвищий показник рентабельності свідчить, що найвигідніше вирощувати гірчицю сизу сорту Пріма без внесення добрив та позакореневого підживлення. Це пояснюється тим, що за рахунок відсутності витрат на добрива, зменшується собівартість і як наслідок, – рентабельність зростає (Jia et al., 2022).

Зважаючи на це, висновки щодо економічної ефективності можна зробити за масою прибутку з одиниці площі, адже прибуток є не лише основним мотивом, й результатом діяльності сільськогосподарського підприємства. Тож найвищий рівень прибутку 361,9 грн/га був зафіксований у варіанті з нормою внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ за відсутності позакореневого підживлення. Найнижчі основні показники економічної ефективності були визначені для варіанта з нормою внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст.

Рентабельність на цьому варіанті становила лише 37 %, а маса прибутку на одиницю площі – 229,4 грн/га, це свідчить про на досить високу собівартість, яку зумовили витрати на добрива та їх внесення.

Дослідження показників економічного ефекту вирощування гірчиці білої сорту Ослава залежно від застосування добрив та позакореневого підживлення відображені в таблиці 2.

Основні економічні показники свідчать про безпосередній вплив застосування добрив при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава, адже вони мали досить широкий діапазон коливань собівартості – 177,6–288,7 грн/т, що стало причиною варіювання прибутку – 300,6–423 грн/га та рентабельності – 47–138 %.

Однією з причин збільшення собівартості є витрати, пов'язані із внесенням добрив та позакореневого підживлення, що тягнуть за собою грошові видатки на амортизацію основних фондів, придбання якісної сировини та матеріалів, паливо–мастильні речовини та оплату праці працівникам підприємства. Максимальний показник рентабельності (138 %) було отримано за відсутності внесення добрив та позакореневого підживлення. Мінімальна рентабельність була зафіксована при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава на варіантах із нормою внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та за позакореневого підживлення Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант та Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст і становила 47 %.

Таблиця 1

Економічна ефективність вирощування гірчиці сизої сорту Пріма залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)

Норми добрив	Позакореневе підживлення	Урожайність, т/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	Контроль	1,40	344,3	128
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,42	326,5	110
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,41	291,9	89
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,41	288,6	87
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Контроль	1,67	361,9	98
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,69	344,1	87
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,68	309,5	72
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,69	310,1	72
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Контроль	1,85	343,5	73
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,89	333,6	67
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,87	295,1	56
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,88	295,7	56
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Контроль	1,91	277,1	49
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,95	267,2	45
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,96	240,7	39
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,94	229,4	37

**Економічна ефективність вирощування гірчиці білої сорту Ослава
залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)**

Норми добрив	Позакореневе підживлення	Урожайність, т/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	Контроль	1,56	383	138
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,58	364,8	120
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,56	326,6	98
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,60	334,8	99
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Контроль	1,91	423	110
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,93	404,8	98
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,92	370,4	84
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,94	370,9	83
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Контроль	2,12	409,3	84
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	2,14	391,1	76
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	2,13	356,7	66
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	2,16	361,1	66
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Контроль	2,18	337,9	58
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	2,19	315,8	52
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	2,23	300,6	47
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	2,24	301,2	47

Щодо маси прибутку, то максимум (423 грн/га) був зафіксований за норми внесення добрив N₃₀P₃₀K₃₀ та відсутності позакореневого підживлення. Мінімальний прибуток було виявлено для варіанта з нормою внесення добрив N₉₀P₉₀K₉₀ та позакореневого підживлення Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант, він становив 300,6 грн/га.

При вирощуванні гірчиці чорної сорту Софія визначали економічну ефективність залежно від застосування добрив. Показники коливались в таких межах: собівартість – 259–348,9 грн/т, прибуток – 184,9–304,4 грн/га, рентабельність – 44–94 % (табл. 3).

Найвищий показник рентабельності (94 %) для гірчиці чорної було визначено за відсутності внесення мінеральних добрив та позакореневого підживлення. Щодо найнижчого рівня рентабельності, то він був зафіксований на рівні 44 % за внесення мінеральних добрив N₉₀P₉₀K₉₀ та позакореневого живлення Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант. Уже на цьому етапі можемо говорити про певну тенденцію коливання рентабельності для гірчиці сизої, білої та чорної.

Максимальна маса прибутку становила 304,4 грн/га та була розрахована за внесення мінеральних добрив N₆₀P₆₀K₆₀ та відсутності позакореневого підживлення. Мінімальний прибуток, який становив 184,9 грн/га, було отримано за відсутності внесення мінеральних добрив та позакореневого підживлення Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст.

Загальною тенденцією щодо показника рентабельності, яку було визначено в попередніх сортах гірчиці сизої

сорту Пріма, гірчиці білої сорту Ослава та гірчиці чорної сорту Софія, збереглась і для ріпаку ярого гібриду Мірко. Залежно від норми внесення та варіанта позакореневого підживлення змінювались і показники рентабельності.

Оцінка економічної ефективності вирощування ріпаку ярого гібриду Мірко залежно від застосування добрив та позакореневого підживлення демонструє коливання основних показників у межах 166,6–290,8 грн/га для собівартості, 219–380,6 грн/га для прибутку та 35–135 % для рентабельності.

Залежність показників економічного ефекту від застосування добрив при вирощуванні ріпаку ярого гібрида Мірко було наведено в таблиці 4.

Максимальний показник рентабельності при вирощуванні ріпаку ярого гібрида Мірко було розраховано за відсутності внесення мінеральних добрив та позакореневого підживлення, він становив 135 %. Мінімальний показник (35 %) було одержано за норми внесення добрив N₉₀P₉₀K₉₀ та позакореневого підживлення Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст.

Загалом, при дослідженні економічної ефективності вирощування олійних культур родини капустяних була визначена залежність від застосування добрив та позакореневого підживлення. Так, найвищі показники рентабельності (138 %) було отримано при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава за відсутності внесення мінеральних добрив та позакореневого живлення. Така ж тенденція збереглась і для інших досліджуваних сортів гірчиці сизої, чорної та ріпаку ярого.

**Економічна ефективність вирощування гірчиці чорної сорту Софія
залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)**

Норми добрив	Позакореневе підживлення	Урожайність, т/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	Контроль	0,99	240	94
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,03	232,7	82
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,00	188,3	60
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,00	184,9	58
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Контроль	1,27	279,2	78
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,30	267,2	69
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,27	222,8	54
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,28	224,1	54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Контроль	1,52	304,4	66
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,55	292,4	60
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,54	257,2	50
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,56	263,2	51
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Контроль	1,55	242,8	50
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,57	241,1	52
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,56	237,3	44
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,59	247,8	45

Таблиця 4

**Економічна ефективність вирощування ріпаку ярого гібрида Мірко
залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)**

Норми добрив	Позакореневе підживлення	Урожайність, т/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	Контроль	1,69	380,6	135
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,73	368,8	119
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,71	331,2	98
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,70	324,3	95
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Контроль	1,86	360,8	95
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	1,90	338,4	83
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	1,91	307,9	71
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	1,90	304,5	69
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Контроль	2,06	330,3	69
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	2,07	308	61
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	2,09	281	53
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	2,07	274,1	51
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Контроль	2,15	275,3	48
	Басфоліар 12-4-6+S Солю Бор	2,17	252,9	42
	Вуксал борон Вуксал біоаміноплант	2,19	229,4	36
	Спектрум В+Мо Спектрум Аскоріст	2,17	219	35

Рентабельність завжди була максимальною за відсутності мінерального та позакореневого підживлення. Це можна пояснити лише тим, що при застосуванні як мінеральних добрив, так і препаратів для позакореневого підживлення, збільшуються витрати, що спричиняє зростання собівартості. Це впливає на рівень окупності основних матеріальних ресурсів, тобто зменшує рентабельність. Але як відомо, для того щоб визначити економічний ефект загалом, потрібно звертати увагу не лише на рентабельність, й на масу прибутку з одиниці площі.

Максимальний рівень прибутку отримали при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава за норми внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ та відсутності позакореневого підживлення. Схожа залежність проявилася і для гірчиці сизої сорту Пріма, при вирощуванні якої отримали масу прибутку 361,9 грн/га за норми внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ та відсутності позакореневого підживлення.

Характеристику технології вирощування в розрізі ступеня використання енергії на одиницю кінцевого продукту виробництва називають енергетичною ефективністю. Здебільшого вона оцінюється не лише кількісними показниками, такими як кількість використаної енергії на одиницю кінцевого продукту, й якісними – висока або низька (Hubenko & Liubchych, 2020).

Оцінити енергетичну ефективність технологій виробництва продукції рослинництва можна за допомогою коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}), який визначається як відношення кількості енергії, яку отримали із урожаєм, до повної енергоємності продукції рослинництва з одиниці площі. Вважають, якщо коефіцієнт більше 1, то така олійна культура з точки зору енергетичної оцінки є не лише прибутковою, й ефективною (Telekalov et al., 2022).

Для детальнішого аналізу енергоефективності нижче зображені на діаграмі 1 рівні K_{ee} щодо кожного досліджуваного виду (Kovalenko et al., 2021). Оцінка енергетичної ефективності при вирощуванні гірчиці сизої сорту Пріма залежно від застосування добрив показана на рис. 1.

Для цього сорту максимальний вихід енергії з урожаєм (32 242 МДж) було зафіксовано на варіанті з нормою

внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневим підживленням Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант. Мінімальний (23 030 МДж) – на варіанті без добрив та позакореневого живлення.

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності, який дорівнював 4,28, було отримано за відсутності внесення добрив та позакореневого підживлення. Найнижчий $K_{ee} = 1,87$ було зафіксовано для двох варіантів позакореневого підживлення (Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст та Басфоліар 12-4-6+S + Солю Бор) за норми внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Показники енергетичної ефективності залежно від застосування добрив для гірчиці білої сорту Ослава зображені на рис. 1.

Найвищий рівень виходу енергії з урожаєм було одержано за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення препаратами Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст, він становив 36 848 МДж. Найнижчий показник виходу енергії з урожаєм, що становив 25 662 МДж, було отримано на варіанті за відсутності внесення добрив та позакореневого підживлення.

Сорт Ослава отримав максимальне значення $K_{ee} = 4,52$ на контрольному варіанті за відсутності внесення добрив та позакореневого підживлення. Щодо мінімального значення коефіцієнту енергетичної ефективності, то він дорівнював 2,03 і подібно до гірчиці сизої був одержаний за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення препаратами Басфоліар 12-4-6+S + Солю Бор.

Аналіз енергетичної ефективності вирощування гірчиці чорної сорту Софія залежно від застосування добрив показано на рис. 2.

Найвищий рівень виходу енергії з урожаєм становив 29 446 МДж при вирощуванні гірчиці чорної залежно від норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант. Мінімальний рівень виходу енергії з урожаєм становив 16 286 МДж та був отриманий за відсутності внесення добрив.

Коефіцієнт енергетичної ефективності коливався залежно від застосування добрив, тому констатуємо,

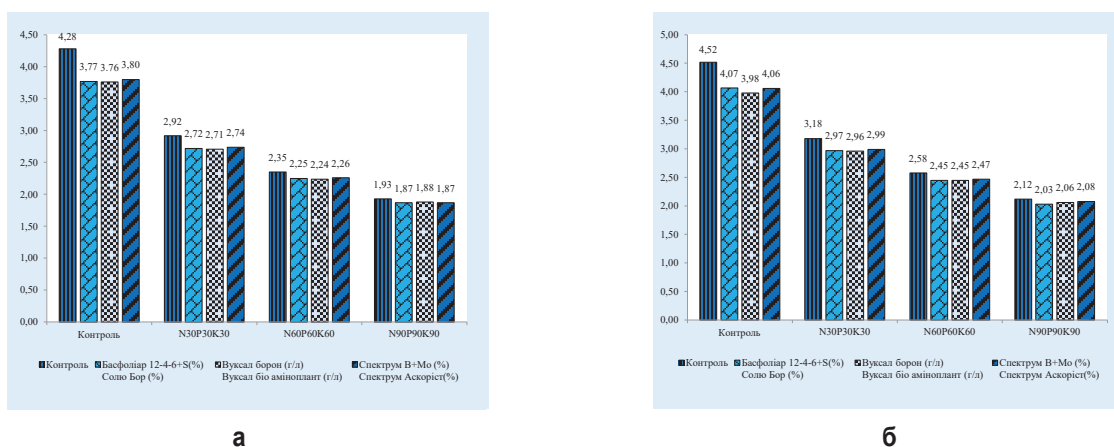
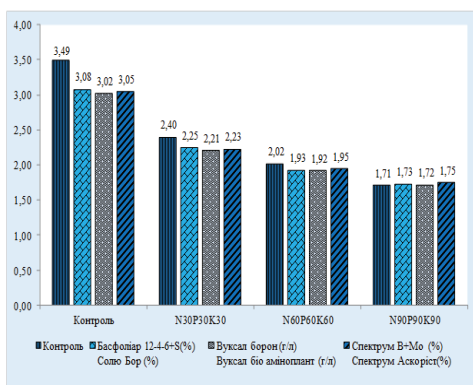
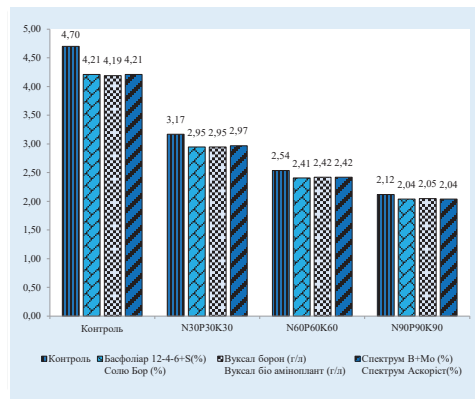


Рис. 1. Енергетична оцінка ефективності вирощування гірчиці сизої: сорту Пріма (а) та Ослава (б) залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)



а



б

Рис. 2. Енергетична оцінка ефективності вирощування гірчиці чорної сорту Софія (а) та ріпаку ярого гібрида Мірко (б) залежно від застосування добрив (середнє за 2019–2021 рр.)

що найвищий $K_{ee}=3,49$ було зафіксовано на варіанті без добрив та позакореневого підживлення, а найнижчий – $1,71$ було отримано за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та відсутності позакореневого підживлення.

Оцінити енергоефективність вирощування ріпаку ярого сорту Гладіатор за різних норм внесення мінеральних добрив дозволяє рис. 2.

У цьому варіанті досліджень найвищий рівень виходу енергії з урожаєм, подібно до вищеописаних сортів гірчиці сизої, білої та чорної, було отримано за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$, але при іншому варіанті позакореневого підживлення, а саме Вуксал борон + Вуксал біоаміноплант. Щодо найнижчого рівня виходу енергії, то тенденція збереглась, і він був зафіксований для контрольованого варіанта без добрив.

Енергетичний коефіцієнт ефективності для сорту ріпаку ярого Гладіатор мав максимальне значення $4,70$ і був визначений у контрольному варіанті без внесення будь-яких добрив. Мінімальне значення $K_{ee}=2,04$ відповідно до сформованої тенденції зафіксовано за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та позакореневого підживлення препаратами Басфоліар 12-4-6+S + Солю Бор та Спектрум В+Мо + Спектрум Аскоріст.

Після проведення енергетичної оцінки ефективності вирощування олійних культур родини капустяних можна говорити про енергетичну вигідність, адже жоден із коефіцієнтів не становив менше 1. Загалом була визначена тенденція відносно K_{ee} , що максимальні значення належали варіантам з відсутністю внесення добрив, а мінімальні – за норми внесення добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$. Це було спричинено тим, що підвищення норми внесення добрив суттєво збільшувало витрати енергії (на $27,7$ – $58,3$ %) через досить високу енергоємність добрив. При цьому зі збільшенням норми внесення добрив збільшувались і витрати сукупної енергії, а наслідком було зниження енергетичного коефіцієнта.

Обговорення. Вченими виявлено, що біологічні особливості хрестоцвітих культур відрізняються висо-

кою пластичністю до агроекологічних умов вирощування, а сучасний рівень селекції робить їх економічно привабливими. Ці культури мають значний потенціал продуктивності високоякісного олієнасіння різнопланового використання (Shorna et al., 2020, Zhuikov et al., 2021).

Аналіз виробництва олійних хрестоцвітих культур показав, що посівні площі за останні п'ять років мають тенденцію до перерозподілу. Інтерес до ярих олійних культур відновлюється у зв'язку з перенасиченням сівозмін зерновими, соняшником, а також збільшенням попиту на різні за якістю рослинні олії. Відзначається також високий потенціал їх урожайності (Holovko et al., 2020, Vyshnivskyi, 2011). У сівозмінах хрестоцвітих культур створюють не тільки менше навантаження на ґрунти, порівняно із соняшником, а й не поступаються йому в рентабельності (Kyryliuk & Tymoshchuk, 2019, Sudirman & Noor, 2019).

Доцільність вирощування олійних хрестоцвітих культур залежить від біологічних особливостей культури, ґрунтово-кліматичних умов та економічно-енергетичної ефективності технології їх вирощування (Melnyk et al., 2019, Tymoshchuk & Kotelnyska, 2022).

Доведено, що за сучасних змін клімату та виникненню стресових ситуацій, помітних в Україні комплексне використання мінеральних добрив та позакореневе підживлення є важливим резервом стабілізації розвитку та підвищення продуктивності гірчиці та ріпаку (Irin et al., 2019).

Висновки. За результатами розрахунків економічної та енергетичної ефективності встановлено, що висока вартість мінеральних добрив призводить до зменшення рентабельності та K_{ee} . Водночас комплексне внесення Басфоліар 6-12-6 (6,0 л/га) + Солю бор (3,0 л/га) на фоні $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ обумовлює найвищий прибуток з одного гектара. Слід зазначити, що внесення добрив сприяє відтворенню родючості ґрунту та стабілізації ефективності виробництва.

Бібліографічні посилання:

1. Ali, Shakhid. (2018), Vplyv norm mineralnykh dobryv na rist ta rozvytok roslyn hirchytsi biloi v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [The effect of mineral fertilizer rates on the growth and development of white mustard plants in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 101, 136–140 (in Ukrainian). doi: 10.37700/enm.2022.1(23).7
2. Almi, S. & Jannah, N. (2019) Effect of Types and Doses of Compost Fertilizer on Growth and Yield of Sawi Plants (*Brassica juncea* L.). *Journal Agrifor* volume 18 issue 1 on page 145. doi.org/10.31293/af.v18i1.4121
3. Butenko, S. O. & Jia, P. (2022). Vplyv rehulatoriv rostu roslyn na yakist zeren hirchytsi v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [The influence of plant growth regulators on the quality of mustard seeds in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 124, 10–18. (in Ukrainian).
4. Chaika, T. O., Korotkova, I. V. & Krykunova, V. Yu. (2022). Ekolohizatsiia silshospodarskoho vyrobnytstva: tekhnolohiia vyroshchuvannia hirchytsi ta polby zvychainoi (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) za orhanichnymy standartamy v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Ecologization of the agricultural production: technology of the mustard and *Triticum dicoccum* (Schrank) schuebl wheat cultivation according to organic standards in the Forest-steppe of Ukraine], 1(23), 7–18 (in Ukrainian). doi: 10.37700/enm.2022.1(23).7
5. Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Verma, V., Sandhu, P. S., Behera, S. K. & Hossain, A. (2021). Interactive Effects of Foliar Application of Zinc, Iron and Nitrogen on Productivity and Nutritional Quality of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.). *Agronomy*, 11(11), 2333. doi: 10.32851/2226-0099.2021.121.6
6. Hadzalo, Ya. M., Vozhehova, R. A., Maliarchuk, M. P., Halchenko, N. N. & Reznuchenko N. D. (2020). Ekoloho-ekonomichna efektyvnist syderatsii u sivozmini na zroshuvanykh zemliakh pivdnia ukrainy. [Ecological and economic efficiency of sideration in crop rotation on irrigated lands of the South of Ukraine] *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2, 55–62 (in Ukrainian). doi: 10.33730/2077-4893.2.2020.207681
7. Haro, I.M. & Hamaiunova, V.V. (2021). Vplyv osnovnoho obrobittu gruntu na shchilnist ta pozhyvnyi rezhym gruntu pid chas vyroshchuvannia ripaku ozymoho. [The effect of the main tillage on the density and nutrient regime of the soil during the cultivation of winter rapeseed]. *Ahrarni innovatsii*. 8, 29–34 (in Ukrainian). doi: 10.32848/agrar.innov.2021.8.4
8. Holovko, M. P., Holovko, T. M. & Prymenko, V. H. (2020). Tekhnolohiia vyrobnytstva hirchytsi, zbahachenoj selenom. [Production technology of mustard enriched with selenium]. *Tekhnolohiia kharchovoi ta lehkoi promyslovosti. Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky*, 31(70), 109–115. doi: 10.32838/2663-5941/2022.4/35 (in Ukrainian).
9. Holovko, M. P., Holovko, T. M. & Prymenko, V. H. (2020). Tekhnolohiia vyrobnytstva hirchytsi, zbahachenoj seleonom. [Production technology of mustard enriched with selenium]. *Tekhnolohiia kharchovoi ta lehkoi promyslovosti. Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky*, 31(70), 109–115 (in Ukrainian). doi: 10.32838/2663-5941/2022.4/35
10. Hubenko, L. V. & Liubchych, O. Y. (2020). Vplyv dobryv na produktyvnist hirchytsi biloi. [The influence of fertilizers on the productivity of white mustard]. *Zernovi kultury*, 4(2), 289–295 (in Ukrainian). doi: 10.31867/2523-4544/0137
11. Humeniuk, I. O. & Polyvanyi, S. V. (2021). Diia khlormekvatkhlorodyu na morfohenez ta produktyvnist roslyn hirchytsi biloi. [Effect of chlormekquat chloride on morphogenesis and productivity of white mustard plants *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal*]. *Hraal nauky. Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal*. 7, 134–136 (in Ukrainian). doi: 10.36074/grail-of-science.27.08.2021.023
12. Irin, I. J., Biswas, P. K., Ullah, M. J. & Roy, T. S. (2020). Effect of in situ green manuring crops and chemical fertilizer on yield of T. Aman rice and mustard. *Asian Journal of Crop*, 2(02), 68–79. doi: 10.18801/ajcsp.020220.10
13. Jia, P., Melnyk, A., Zhang, Z., Butenko, S. & Kolosok V. (2021). Effect of seed pre-treatment with plant growth compound regulators on seedling growth under drought stress. *Agraarteadus*, 32 (2), 251–256. doi: 10.15159/jas.21.35
14. Jia, P., Melnyk, A., Li, L., Kong, X., Dai, H., Dai, Z. & Butenko, S. (2021). Effects of drought and rehydration on the growth and physiological characteristics of mustard seedlings. *Journal of Central European Agriculture*. 22(4), p.836–847. doi.org/10.5513/JCEA01/22.4.3246
15. Jia, P., Melnyk, A. & Zhang, Z. (2022) Differential adaptation of root and shoot to salt stress correlates with antioxidant capacity in mustard. *Pakistan journal of botany*. № 54 (6), p. 2001–2011. doi.org/10.30848/PJB2022-6(32)
16. Kyryliuk, V. P. & Tymoshchuk, T. M. (2019). Urozhainist hirchytsi biloi zalezho vid system osnovnoho obrobittu gruntu ta udobrennia. [Harvester of white hirsute depending on the systems of main tillage and fertilization]. *Naukovi horyzonty scientifichorizons*, 2(75), 27–33 (in Ukrainian). doi: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33
17. Kovalenko, T.M., Pinchuk, N.V. & Verheles, P.M. (2021) Efektyvnist zakhystu posiviv ozymoho ripaku vid shkodychnnykh orhanizmiv. [Effectiveness of protection of winter rapeseed crops from harmful organisms]. *Silke gospodarstvo ta lisivnytstvo*. 3 (22), 119–134 (in Ukrainian). doi: 10.37128/2707-5826-2021-3-10
18. Kozina, T. V. (2014) Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia hirchytsi biloi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. [The economic efficiency of growing white mustard in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Ahrobiolohiia*. 2, 46–50 (in Ukrainian).
19. Melnyk, A. V., Zherdetska, S. V., Ali, Sh., Shabir, H., & Butenko, S. O. (2019). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na produktyvnist hirchytsi biloi v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [The effect of foliar feeding on the productivity of white mustard in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 3 (37), 24–28. (in Ukrainian).
20. Melnyk, T. I., Ali, Sh. & Kolosok, V. H. (2020). Yakist nasinnia hirchytsi biloi zalezho vid sortu ta norm vysivu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [The quality of white mustard seeds depending on the variety and sowing rates in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 113, 92–97 (in Ukrainian). doi: 10.32851/2226-0099.2020.113.13

21. Melnik, A. V. Zherdetskaya, S. V., & Gulyam, S. (2019) Agrobiological features of growing the brown mustard under the conditions of left-bank forest-steppe of Ukraine. *AgroFor International Journal*, 4(1), 93–112. doi: 10.7251/AGRENG1901093M
22. Melnyk, A. V. & Zherdetska, S. V. (2017). Vplyv doz mineralnykh dobryv na vrozhaunist hirchytisi yaroi syzoi v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Effect of doses of mineral fertilizers on yield of spring gray mustard in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 269, 177–185 (in Ukrainian).
23. Melnyk, A. & Jia, Peipei (2021). Growth and physiological compensation of mustard seedling after drought stress and rehydration. *International scientific and practical conference "Ideas and innovation in natural sciences"*, Lublin, the Republic of Poland March 12–13, 11–13. doi: 10.30525/978-9934-26-047-6-2
24. Rana, K., Parihar, M., Singh, J. P. & Singh, R. K. (2020) Effect of sulfur fertilization, varieties and irrigation scheduling on growth, yield, and heat utilization efficiency of indian mustard (*Brassica Juncea L.*). *Communications in soil science and plant analysis*. 51(2), 265–275. doi: 10.1080/00103624.2019.1705325
25. Shorna, S. I., Polash, M. A. S., Sakil, M. A., Mou, M. A., Hakim, M. A., Biswas, A. & Hossain, M. A. (2020). Effects of nitrogenous fertilizer on growth and yield of Mustard Green. *Trop Plant Res*, 2020. 7, 30–36. doi: 10.22271/tpr.2020.v7.i1.005
26. Telekalo, N.V. Kupchuk, I.M. & Hontaruk, Ya.V. (2022). Efektyvnist vyroshchuvannia ta pererobky ozymoho ripaku na biodyzel. [Efficiency of cultivation and processing of winter rapeseed for biodiesel]. *Ahrarni innovatsii*, 13, 149–154 (in Ukrainian). doi: 10.32848/agrar.innov.2022.13.23
27. Tymoshchuk, T. M. & Kotelnitska, H. M. (2022) Burianovyi komponent ahrofitotsenozu hirchytisi biloi. [The weed component of the agrophytocenosis of white mustard]. *Editorial board*, 21. doi: 10.46299/ISG.2022.1.30
28. Voloshchuk, M. U. (2024). Formuvannia vrozhaunisti nasinnia hirchytisi biloi zalezno vid rivnia mineralnoho zhyvlennia roslin. [Formation of yield of white mustard seeds depending on the level of mineral nutrition of plants]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 75(1), 18–29 (in Ukrainian). doi: 10.326/01308521.2024-(75)-1-2
29. Vyshnivskiy, P. S. (2011). Osoblyvosti provedennia doslidzhen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy. [Peculiarities of conducting research with cruciferous oil crops]. *Zbirnyk naukovykh prats natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva naan»*, 4, 76 (in Ukrainian).
30. Zhuikov, O. H. & Khodos, T. A. (2021). Hirchytisia v strukturi zhyrooliinoho kompleksu Ukrainy: povnopravna alternatyva chy «Chuzhyi sered svoikh». [Mustard in the structure of the fat-oil complex of Ukraine: a full-fledged alternative or "Alien among its own"] *Tavriiskiy naukovyi visnyk. Zemlerobstvo, roslynnystvo, ovochivnystvo ta bashtannystvo*. 121, 48–52. (in Ukrainian). doi: 10.32851/2226-0099.2021.121.6

Shabbir Gh., Candidate of Agricultural Sciences, Lead Ecologist/Aridland Specialist, Company name is Worley Project Management and Consultancy LLC, Kuwait

Melnyk A. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Butenko S. O., Doctor of Philosophy, Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Ali Sh., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, International College of Pakistan, Haftian, Kuwait

Kostuna T. P., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The economic and energy efficiency of the cultivation of the cabbage family's oil crops according to the application of fertilizers under the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine

Thanks to the introduction of economic methods of market regulation, Ukraine's oil-and-fat complex is the only sector of agricultural production with the balance between the economic interests of the state, the agricultural and processing spheres of production, and the domestic consumer. This is proved by the obtained profits, levels of profitability, and indicators of energy efficiency coefficients. Due to the biological features and biochemical composition of the oil of the cabbage family's oil crops, they are becoming more important every year, and today, they have moved from the category of "experimental" to the category of "interesting" for agricultural producers as an alternative to traditional oil crops, particularly, sunflower.

It has been proven that the cultivation of the cabbage family's oil crops under the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine is profitable from economic and energy points of view. The maximum profitability level (135–138%) was obtained for the cabbage family's oil crops without mineral fertilizers. The calculated structure of costs for the cultivation of the cabbage family's oil crops, such as brown, white, black mustard, and spring rape: on average, labor costs for all crops are 5–12%; seeds – 2–6% (domestic) and 7–14% (foreign); means of protection – 11–36%; fuel – 20–44%; other expenses are about 20%. The application of mineral fertilizers at the rates: $N_{30}P_{30}K_{30}$ (16–20%), $N_{60}P_{60}K_{60}$ (26–31%), and $N_{90}P_{90}K_{90}$ (33–39 %). The maximum values of the energy efficiency coefficient ($K_{ee} = 3.49–4.70$ %) for all studied varieties were provided by factors such as the absence of mineral nutrition and foliar feeding. Applying fertilizers led to decreased energy efficiency in all variants of the cultivation of the cabbage family's oil crops. Energy efficiency coefficients decreased by 1.09–1.36 when fertilizers were applied at the rate of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ by 1.47–1.94 and $N_{90}P_{90}K_{90}$ by 1.78–2.40, respectively, compared to the control.

Key words: oil crops, mustard, rape, varieties, fertilizers, yield capacity, profitability, economic and energy efficiency.