

ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ІВАНОВ Д.А. – магістр

orcid.org/0009-0001-9431-3467

Запорізький національний університет

Постановка проблеми. Соняшник в Україні є стратегічною культурою, яка забезпечує значні валютні надходження від експорту та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Лісостепова зона має найвищий потенціал для його вирощування, однак ефективність цього процесу залежить від вибору оптимальних технологічних схем, що включають систему обробітку ґрунту, внесення добрив, засоби захисту рослин та енергозабезпечення виробництва.

Сучасний стан аграрного сектору характеризується низкою суперечностей: з одного боку, існує потреба в інтенсивному розвитку виробництва для задоволення зростаючого попиту на соняшникову олію, а з іншого – обмеженість енергетичних і матеріальних ресурсів та необхідність їх раціонального використання. Значна частина технологій орієнтована переважно на підвищення урожайності без урахування показників енергоефективності та екологічних наслідків, що призводить до підвищення собівартості продукції, погіршення економічної стійкості господарств та негативного впливу на стан агроєкосистем.

Таким чином, проблема полягає у відсутності комплексної оцінки енергетичної та економічної ефективності різних технологічних схем вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України, що обмежує можливості формування науково обґрунтованих рекомендацій для аграрного виробництва.

Розв'язання цієї проблеми безпосередньо пов'язане з важливими науковими та практичними завданнями: підвищенням енергетичної незалежності аграрного сектору, зниженням витрат на виробництво, забезпеченням сталого розвитку землеробства, адаптацією технологій до кліматичних змін та підвищенням конкурентоспроможності продукції на внутрішньому й зовнішньому ринках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблематика підвищення енергетичної та економічної ефективності вирощування соняшнику посідає важливе місце у сучасних наукових дослідженнях як в Україні, так і за кордоном. Значна увага приділяється вивченню впливу гібридів, систем удобрення та особливостей технології на врожайність, якість насіння та енергетичний баланс.

Так, D. S. Coêlho [1] підкреслює, що ефективність використання азоту є критичним фактором формування продуктивності соняшнику, оскільки саме цей елемент найбільше визначає енерговитрати та прибутковість виробництва. Аналогічні висновки роблять і українські вчені, які досліджують живлення культури у різних зонах [7].

У контексті адаптивності сортів та гібридів у різних кліматичних умовах значний внесок зробили I. Demir [2], який оцінив продуктивність соняшнику в посушливих умовах Туреччини, та V. Giannini [4], що дослідили поєднання строків сівби та режимів зрошення у Середземномор'ї. Їхні результати підтверджують необхідність адаптації технології до локальних кліматичних викликів.

Українські науковці активно вивчають особливості росту й розвитку культури у Лісостепу. Так, S. Kalenska [5] відзначає важливість морфологічних ознак гібридів для формування стабільного врожаю в північному Лісостепу. Подібні дослідження проведено також I. O. Kolosok [6] та O. Kovalenko [7], які розробили моделі продуктивності соняшнику та підкреслили значення пластичності гібридів у змінних ґрунтово-кліматичних умовах.

Ще одним важливим напрямом є оцінка впливу добрив і регуляторів росту. A. Melnyk та співатори [8] встановили, що позакореневе підживлення та застосування стимуляторів значно підвищує якість і вміст олії у високоолеїнових гібридів. V. Gamaunova та A. Panfilova [3], досліджуючи весняний ячмінь, підтвердили універсальність впливу систем удобрення на накопичення надземної маси, що є релевантним і для соняшнику.

Вітчизняні дослідження також звертають увагу на оптимізацію технології обробітку ґрунту. Так, у роботах O. I. Tsyliuryk [11] встановлено, що мінімальний та комбінований обробіток дозволяє скоротити витрати пального на 20–30 % без зниження врожайності, а інтегровані органо-мінеральні системи удобрення забезпечують стабільний енергетичний баланс виробництва. У працях Інституту землеробства НААН наголошується на важливості поєднання інтенсивних технологій із ресурсозберігаючими підходами, що особливо актуально за умов зростання вартості енергоресурсів [9; 10; 12].

На міжнародному рівні зростає інтерес до інтеграції соняшнику у концепцію біоекономіки. R. Puttha та співавтори [13] розглядають цю культуру не лише як джерело олії, а й як компонент біоциркулярної «зеленої» економіки, що відкриває нові підходи до оцінки її ефективності та потенціалу для сталого виробництва.

Таким чином, проведені дослідження свідчать про комплексність проблеми: науковці аналізують морфологічні та біологічні особливості гібридів, реакцію культури на добрива, строки сівби та рівень зволоження, а також економічну та енергетичну ефективність технологій. Водночас недостатньо комплексних оцінок, які б інтегрували ці аспекти для умов Лісостепу України, що визначає актуальність даного дослідження.

Мета статті – здійснити оцінку економічної та енергетичної ефективності різних технологічних схем вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України та визначення оптимальних комбінацій гібридів і систем обробітку ґрунту для підвищення продуктивності, зменшення витрат ресурсів та підвищення рентабельності виробництва.

Матеріали та методика досліджень. Для вивчення енергетичної та економічної ефективності різних технологічних схем вирощування соняшнику було закладено польовий дослід у 2022–2024 роках.

Дослідження проводилися на чорноземах типових середньогумусних із вмістом гумусу 4,2–4,5 %, середнім рівнем забезпеченості азотом, фосфором і підвищеним вмістом калію. Реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної (рН 6,8–7,2). Вологозабезпечення в зоні проведення досліджень характеризується сумою опадів за вегетаційний період у межах 240–300 мм, середньорічна температура становила +8,5–+9,0 °С, з тенденцією до зростання середніх літніх температур упродовж останніх років. Посів соняшнику здійснювали у другій декаді квітня, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягала +8–+10 °С. Сівбу проводили пунктирним способом з міжряддям 70 см, нормою висіву 55–60 тис. насінин на гектар.

Дослідження здійснено з триразовою повторюваністю, що забезпечувало достовірність отриманих результатів. Загальна площа дослідної ділянки становила 450 м², з яких облікова площа складала 80 м². Як попередню культуру вирощували озиму пшеницю, що є поширеним і науково обґрунтованим варіантом у сівозмінах Лісостепу України. Для дослідів було використано три гібриди соняшнику (Фактор А): Н4LM409, Н4Н470 та Н4Х302Е.

Також вивчалися три варіанти технологічних схем обробітку ґрунту (Фактор В): традиційна система з оранкою на 25–27 см; мінімальний обробіток із використанням дискових та плоскорізних агрегатів на глибину 10–12 см; енергоощадна система no-till із прямим висівом у необроблений ґрунт (табл. 1).

Таблиця 1

Схема дослідів

Фактор	Варіант
Гібрид соняшнику (А)	Н4LM409
	Н4Н470
	Н4Х302Е
Система обробітку ґрунту (В)	Традиційна, 25–27 см
	Мінімальний обробіток, 10–12 см
	No-till із прямим висівом

Розроблено автором

Показники продуктивності соняшнику, зокрема діаметр кошика та масу 1000 насінин, визначали безпосередньо під час збирання шляхом вимірювань і зважування. Урожай обліковували методом суцільного збирання на контрольній ділянці з подальшим перерахунком на гектар.

Енергетичний аналіз здійснювали шляхом розрахунку сукупних енерговитрат на основі загальноприйнятих

енергетичних еквівалентів для палива, добрив, засобів захисту рослин, насіння та людської праці. Коефіцієнт енергоефективності обчислювали як відношення валового енергетичного виходу до сукупних витрат енергії.

Економічну оцінку проводили з урахуванням повної собівартості виробництва, рівня рентабельності та чистого прибутку з гектара. Для статистичної обробки результатів використовували дисперсійний аналіз (ANOVA), достовірність різниць між варіантами визначалася на рівні значущості $p < 0,05$.

Результати досліджень. Аналіз отриманих даних показує, що як гібрид, так і система обробітку ґрунту суттєво впливають на масу 1000 насінин та діаметр кошика соняшника. Так, за традиційної системи з оранкою на глибину 25–27 см гібрид Н4LM409 сформував найбільшу масу насіння – 45,4 г, тоді як у гібридів Н4Н470 і Н4Х302Е вона становила відповідно 44,3 г і 44,5 г. Діаметр кошика за цього варіанта був найбільшим серед усіх систем і коливався від 16,2 см (Н4Х302Е) до 17,2 см (Н4LM409).

Мінімальний обробіток ґрунту на глибину 10–12 см практично не знизив масу насіння: у гібрида Н4LM409 вона становила 45,0 г, у Н4Н470 – 44,1 г, у Н4Х302Е – 44,2 г. Діаметр кошика за цієї системи зменшився у порівнянні з традиційною, перебуваючи в межах від 16,0 см (Н4Х302Е) до 16,9 см (Н4LM409). Використання енергоощадної системи no-till супроводжувалося зменшенням обох показників. Маса 1000 насінин у гібрида Н4LM409 дорівнювала 44,1 г, у Н4Н470 – 43,8 г, у Н4Х302Е – 44,0 г. Діаметр кошика виявився найменшим серед досліджених систем і варіювався від 15,8 см (Н4Х302Е) до 16,7 см (Н4LM409) (табл. 2).

Таким чином, найбільші показники маси насіння та діаметра кошика забезпечила традиційна система обробітку, мінімальний обробіток дозволив утримати значення майже на тому ж рівні, тоді як система no-till призвела до зменшення врожайних характеристик у всіх досліджених гібридів.

Аналіз таблиці 2 демонструє, що за традиційної системи з оранкою на глибину 25–27 см найвищу середню урожайність показав гібрид Н4LM409 – 2,53 т/га, тоді як гібриди Н4Н470 і Н4Х302Е мали відповідно 2,48 т/га і 2,44 т/га. Тому для традиційної системи оптимальним є використання Н4LM409 для максимального врожаю. При мінімальному обробітку ґрунту на глибину 10–12 см урожайність усіх гібридів знизилася, але незначно: Н4LM409 – 2,45 т/га, Н4Н470 – 2,44 т/га, Н4Х302Е – 2,40 т/га.

За використання енергоощадної системи no-till із прямим висівом урожайність знизилася у всіх гібридів порівняно з традиційною системою. Найвищий показник мав Н4LM409 та Н4Н470 – по 2,41 т/га, тоді як Н4Х302Е – 2,38 т/га. Тому можна стверджувати, що no-till підходить для гібридів Н4LM409 і Н4Н470, проте загалом урожайність у цій системі нижча, особливо для Н4Х302Е (табл. 3).

Загалом можна зробити висновок, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечує найвищу урожайність для всіх гібридів, мінімальний обробіток дозволяє зберегти урожай практично на тому ж рівні, тоді як no-till

Таблиця 2

Маса 1000 насінин та діаметр кошика соняшника (середнє за 2022–2024 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Гібрид	Маса 1000 насінин, г	Діаметр кошика, см
Традиційна система	H4LM409	45,4 ± 0,3	17,2 ± 0,4
Традиційна система	N4H470	44,3 ± 0,2	16,8 ± 0,5
Традиційна система	H4X302E	44,5 ± 0,2	16,2 ± 0,4
Мінімальний обробіток	H4LM409	45,0 ± 0,4	16,9 ± 0,4
Мінімальний обробіток	N4H470	44,1 ± 0,3	16,5 ± 0,2
Мінімальний обробіток	H4X302E	44,2 ± 0,3	16,0 ± 0,2
No-till	H4LM409	44,1 ± 0,6	16,7 ± 0,4
No-till	N4H470	43,8 ± 0,6	16,3 ± 0,4
No-till	H4X302E	44,0 ± 0,6	15,8 ± 0,4

Розроблено автором

Таблиця 3

Урожайність гібридів соняшника, т/га

Спосіб обробітку ґрунту	Гібрид	Рік			Середнє за 2022–2024 рр.	Нір0,05
		2022	2023	2024		
Традиційна система	H4LM409	2,50	2,55	2,54	2,53	0,01
Традиційна система	N4H470	2,46	2,49	2,50	2,48	0,03
Традиційна система	H4X302E	2,42	2,45	2,45	2,44	0,03
Мінімальний обробіток	H4LM409	2,43	2,46	2,46	2,45	0,02
Мінімальний обробіток	N4H470	2,42	2,44	2,46	2,44	0,02
Мінімальний обробіток	H4X302E	2,38	2,41	2,42	2,40	0,03
No-till	H4LM409	2,42	2,40	2,40	2,41	0,02
No-till	N4H470	2,39	2,42	2,42	2,41	0,03
No-till	H4X302E	2,36	2,38	2,40	2,38	0,02

Розроблено автором

призводить до помітного зниження продуктивності, особливо для менш адаптованого гібрида H4X302E.

Для оцінки впливу технологій обробітку ґрунту та вибору гібридів на економічну ефективність вирощування соняшнику наведені дані в Таблиці 3. Вони відображають взаємозв'язок між врожайністю, виробничими витратами та прибутковістю, що дозволяє порівняти різні системи обробітку ґрунту та визначити оптимальні рішення для підвищення рентабельності виробництва.

Встановлено, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечує найвищу врожайність усіх трьох гібридів, при цьому H4LM409 демонструє максимальні показники – 2,53 т/га, трохи поступаючись йому N4H470 та H4X302E. Мінімальний обробіток дозволяє зберегти врожай практично на рівні традиційної системи, з незначним зниженням для всіх гібридів, тоді як технологія no-till показує найнижчу продуктивність, особливо помітно для H4X302E, що вказує на його меншу адаптованість до безполіцевого посіву.

При цьому витрати на вирощування помітно змінюються залежно від системи обробітку ґрунту. Традиційна система характеризується найвищими витратами на гектар, що логічно враховуючи більшу енергоємність і потребу в ресурсах для оранки та обробки ґрунту. Мінімальний обробіток і no-till значно знижують виробничі витрати – від 10 400–10 600 грн/га для мінімального обробітку до 9 800–9 900 грн/га для no-till.

Такі зміни витрат безпосередньо впливають на умовний чистий прибуток і рентабельність. Незважаючи на дещо нижчу врожайність у no-till порівняно з традиційною системою, економія ресурсів дозволяє отримати високий прибуток і рентабельність – наприклад, H4LM409 при no-till демонструє прибуток 45 530 грн/га та рентабельність 459,8 %, що перевищує показники традиційної системи для того ж гібрида. Мінімальний обробіток показує оптимальний баланс між врожайністю та економічною ефективністю: прибуток і рентабельність для всіх гібридів знаходяться на високому рівні, водночас зниження продуктивності мінімальне (табл. 4).

Отже, з огляду на економічну ефективність, традиційна система забезпечує максимальну врожайність, але високі витрати знижують рентабельність. Мінімальний обробіток дозволяє досягти майже такої ж продуктивності, одночасно знижуючи витрати, а no-till забезпечує економію ресурсів і високу рентабельність, хоча врожайність дещо знижується, особливо для менш адаптованих гібридів.

Для повного оцінювання ефективності вирощування соняшнику важливо розглянути не лише економічні показники, а й енергетичну ефективність, адже зменшення витрат енергії та підвищення енергетичного коефіцієнта прямо впливає на стійкість і рентабельність виробництва. У ході дослідження встановлено, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечує найвищий

Таблиця 4

Економічна ефективність вирощування соняшнику (середнє за 2022–2024 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Гібрид	Врожайність, т/га	Собівартість 1 т, грн	Загальні виробничі витрати, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	Умовний чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Традиційна система	H4LM409	2,53	4 826	12 200	58 190	55 990	458,7
Традиційна система	N4H470	2,48	4 879	12 100	57 040	44 940	371,5
Традиційна система	H4X302E	2,44	4 918	12 000	56 120	44 120	367,7
Мінімальний обробіток	H4LM409	2,45	4 327	10 600	56 350	45 750	431,6
Мінімальний обробіток	N4H470	2,44	4 303	10 500	56 120	45 620	434,0
Мінімальний обробіток	H4X302E	2,40	4 333	10 400	55 200	44 800	430,8
No-till	H4LM409	2,41	4 108	9 900	55 430	45 530	459,8
No-till	N4H470	2,41	4 090	9 850	55 430	45 580	462,3
No-till	H4X302E	2,38	4 117	9 800	54 740	44 940	458,4

Розроблено автором

Таблиця 5

Енергетична ефективність різних вирощування соняшнику (середнє за 2022–2024 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Гібрид	Врожайність, т/га	Енергоємність, ГДж/т	Приріст енергії, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Приріст енергетичний, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Традиційна система	H4LM409	2,53	20	63,25	50,60	12,65	1,25
Традиційна система	N4H470	2,48	20	62,00	49,60	12,40	1,25
Традиційна система	H4X302E	2,44	20	61,00	48,80	12,20	1,25
Мінімальний обробіток	H4LM409	2,45	18	61,25	44,10	17,15	1,39
Мінімальний обробіток	N4H470	2,44	18	61,00	43,92	17,08	1,39
Мінімальний обробіток	H4X302E	2,40	18	60,00	43,20	16,80	1,39
No-till	H4LM409	2,41	16	60,25	38,56	21,69	1,56
No-till	N4H470	2,41	16	60,25	38,56	21,69	1,56
No-till	H4X302E	2,38	16	59,50	38,08	21,42	1,56

Розроблено автором

приріст енергії за рахунок більшої врожайності, однак витрати енергії також максимальні, що обмежує енергетичну ефективність (коефіцієнт 1,25). Мінімальний обробіток дозволяє знизити витрати енергії на одиницю продукції та підвищити енергетичний коефіцієнт до 1,39, зберігаючи майже той же рівень врожайності. Найбільш енергоефективною системою виявляється no-till, де завдяки мінімальним витратам енергії на гектар енергетичний коефіцієнт досягає 1,56, хоча врожайність трохи знижується, особливо для менш адаптованого гібрида H4X302E (табл. 5).

Таким чином, порівняння економічної та енергетичної ефективності свідчить, що вибір технології обробітку

ґрунту визначально впливає на баланс між продуктивністю, витратами та використанням енергетичних ресурсів. Застосування мінімального обробітку дозволяє зберегти більшість врожайних характеристик, одночасно скорочуючи трудові та енергетичні витрати, що робить цю технологію оптимальною з точки зору ефективності виробництва.

Висновки. Проведене дослідження показало, що система обробітку ґрунту та вибір гібрида є ключовими факторами, які визначають продуктивність, економічну та енергетичну ефективність вирощування соняшнику. Традиційна система обробітку забезпечує максимальні врожайні показники: гібрид H4LM409 – 2,53 т/га,

N4H470 – 2,48 т/га, H4X302E – 2,44 т/га, при цьому витрати на гектар становлять 12 200–12 000 грн, а умовний чистий прибуток – 44 120–55 990 грн/га, рентабельність – 367,7–458,7 %. Мінімальний обробіток дозволяє зберегти більшість врожайних характеристик (H4LM409 – 2,45 т/га, N4H470 – 2,44 т/га, H4X302E – 2,40 т/га), водночас знижуючи витрати до 10 400–10 600 грн/га, що забезпечує прибуток 44 800–45 750 грн/га та рентабельність 430,8–434,0 %.

Система no-till характеризується найвищим енергетичним коефіцієнтом 1,56 та низькими енергетичними витратами (38,08–38,56 ГДж/га), водночас урожайність трохи знижується: H4LM409 та N4H470 – по 2,41 т/га, H4X302E – 2,38 т/га. Виробничі витрати становлять 9 800–9 900 грн/га, а умовний чистий прибуток – 44 940–45 580 грн/га при рентабельності 458,4–462,3 %.

Таким чином, для поєднання високої продуктивності та економічної ефективності доцільно застосовувати гібриди H4LM409 та N4H470 із мінімальним обробітком або no-till залежно від пріоритету: максимальний урожай чи ресурсозбереження.

Практичне значення дослідження полягає у тому, що воно дозволяє агровиробникам обирати оптимальні технології обробітку ґрунту та відповідні гібриди соняшнику для підвищення врожайності та ефективності виробництва. Перспективи подальших досліджень пов'язані з оцінкою комбінованих технологій удобрення та обробітку ґрунту, а також адаптивності нових гібридів до мінімального обробітку та no-till у різних кліматичних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Coêlho E. D. S., Souza A. R. E., Lins H. A., Santos M. G. D., Freitas Souza M., Tartaglia F. L., de Oliveira A. K. S., Lopes W. A. R., Silveira L. M., Mendonça V., Barros Júnior A. P. Efficiency of nitrogen use in sunflower. *Plants (Basel)*, 2022, vol. 11, no. 18, p. 2390. <https://doi.org/10.3390/plants11182390>
- Demir I. Comparing the performances of sunflower hybrids in semi-arid condition. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2020, vol. 7, no. 4, pp. 1108–1115. <https://doi.org/10.30910/turkjans.688173>
- Gamayunova V., Panfilova A. Effect of fertilization on the accumulation overground mass of spring barley plants. *Scientific Horizons*, 2020, no. 5, pp. 7–14. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-7-14>
- Giannini V., Mula L., Carta M., Patteri G., Roggero P. P. Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*, 2022, vol. 260, art. 107287. Available at: <https://ideas.repec.org/a/eee/agiwat/v260y2022ics0378377421005643.html>
- Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Shytiy O. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 2020, vol. 11, pp. 1331–1344. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>
- Kolosok I. O. Features of the yield formation of sunflower hybrids in the conditions of the north-eastern Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian*

University. Series: Agronomy and Biology, 2022, vol. 49, no. 3. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.5>

- Kovalenko O., Gamajunova V., Neroda R., Smirnova I., Khonenko L. Advances in nutrition of sunflower on the Southern Steppe of Ukraine. In *Soils under stress. Springer International Publishing Switzerland*, 2021, pp. 215–223. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_21
- Melnyk A., Akuaku J., Trotsenko V., Melnyk T. Productivity and quality of high-oleic sunflower seeds as influenced by foliar fertilizers and plant growth regulators in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 2019, vol. 8, pp. 167–174. Available at: <https://agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/432>
- Ryzhenko A. S., Kalenska S. M., Prysiazniuk O. I., Mokriienko V. A. Yield plasticity of sunflower hybrids in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2020, vol. 16, no. 4, pp. 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058>
- Trotsenko V., Kabanets V., Yatsenko V., Kolosok I. Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*, 2020, vol. 40, no. 2, pp. 72–78. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.2.9>
- Tslyiuryk O. I., Horshchar V. I., Izhboldin O. O., Kotchenko M. V., Rumbakh M. Y., Hotvianska A. S., Ostapchuk Y. V., Chornobai V. H. The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 106–116. https://doi.org/10.15421/2021_151
- Жуйков О., Лаврись В., Жуйков Т. Економічна та біоенергетична ефективність отримання лікарської фітосировини соняшника декоративного за органічної технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 2024, № 19, С. 55–61. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2024.19.6>
- Puttha R., Venkatachalam K., Hanpakdeesakul S., Wongsaj J., Parametthanuwat T., Srean P., Pakeechai K., Charoenphun N. Exploring the potential of sunflowers: agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. *Horticulturae*, 2023, vol. 9, p. 1079. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079>

REFERENCES:

- Coêlho, E. D. S., Souza, A. R. E., Lins, H. A., Santos, M. G. D., Freitas Souza, M., Tartaglia, F. L., de Oliveira, A. K. S., Lopes, W. A. R., Silveira, L. M., Mendonça, V., & Barros Júnior, A. P. (2022). Efficiency of nitrogen use in sunflower. *Plants (Basel)*, 11(18), 2390. <https://doi.org/10.3390/plants11182390>
- Demir, I. (2020). Comparing the performances of sunflower hybrids in semi-arid condition. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(4), 1108–1115. <https://doi.org/10.30910/turkjans.688173>
- Gamayunova, V., & Panfilova, A. (2020). Effect of fertilization on the accumulation overground mass of spring barley plants. *Scientific Horizons*, 90(5), 7–14. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-7-14>

4. Giannini, V., Mula, L., Carta, M., Patteri, G., & Roggero, P. P. (2022). Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*, 260, 107287. <https://ideas.repec.org/a/eee/agiwat/v260y2022ics0378377421005643.html>
5. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., & Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11, 1331–1344. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>
6. Kolosok, I. O. (2022). Features of the yield formation of sunflower hybrids in the conditions of the north-eastern Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 49(3). <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.5>
7. Kovalenko, O., Gamajunova, V., Neroda, R., Smirnova, I., & Khonenko, L. (2021). Advances in nutrition of sunflower on the Southern Steppe of Ukraine. In *Soils under stress* (pp. 215–223). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_21
8. Melnyk, A., Akuaku, J., Trotsenko, V., & Melnyk, T. (2019). Productivity and quality of high-oleic sunflower seeds as influenced by foliar fertilizers and plant growth regulators in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 8, 167–174. <https://agrolife-journal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/432>
9. Ryzhenko, A. S., Kalenska, S. M., Prysiashniuk, O. I., & Mokriienko, V. A. (2020). Yield plasticity of sunflower hybrids in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(4), 402–406. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058>
10. Trotsenko, V., Kabanets, V., Yatsenko, V., & Kolosok, I. (2020). Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 40(2), 72–78. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.2.9>
11. Tsyliuryk, O. I., Horshchar, V. I., Izhboldin, O. O., Kotchenko, M. V., Rumbakh, M. Y., Hotvianska, A. S., Ostapchuk, Y. V., & Chornobai, V. H. (2021). The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 106–116. https://doi.org/10.15421/2021_151
12. Zhuykov, O., Lavrys, V., & Zhuykov, T. (2024). Ekonomichna ta bioenerhetychna efektyvnist oderzhannia likarskoi syrovyny dekoratyvnoho sonyashnyku za umov orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannya [Economic and bioenergetic efficiency of obtaining medicinal raw materials of ornamental sunflower under organic cultivation technology]. *Tavriya Scientific Bulletin. Series: Economics*, 19, 55–61. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2024.19.6> [in Ukrainian]
13. Puttha, R., Venkatachalam, K., Hanpakdeesakul, S., Wongsu, J., Parametthanuwat, T., Srean, P., Pakeechai, K., & Charoenphun, N. (2023). Exploring the potential of sunflowers: Agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. *Horticulturae*, 9, 1079. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079>

Іванов Д.А. Енергетична та економічна ефективність різних технологічних схем вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України

Мета. Метою дослідження була оцінка економічної та енергетичної ефективності різних технологічних схем вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України та визначення оптимальних комбінацій гібридів і систем обробітку ґрунту для підвищення продуктивності, зменшення витрат ресурсів та підвищення рентабельності виробництва. **Методи.** У роботі застосовано польові дослідження, що проводилися протягом 2022–2024 років, із використанням трьох гібридів соняшнику (H4LM409, N4H470, H4X302E) та трьох систем обробітку ґрунту: традиційної оранки на 25–27 см, мінімального обробітку на 10–12 см та енергоощадної системи no-till із прямим висівом. Урожайність, маса 1000 насінин та діаметр кошика визначали за стандартними методиками. Економічна ефективність оцінювалася за показниками собівартості одиниці продукції, валової продукції, умовного чистого прибутку та рентабельності. Енергетична ефективність аналізувалася шляхом розрахунку витрат енергії на гектар і на тону продукції, приросту енергії та енергетичного коефіцієнта. **Результати.** Отримані дані показали, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечує найвищу урожайність усіх гібридів: H4LM409 – 2,53 т/га, N4H470 – 2,48 т/га, H4X302E – 2,44 т/га. Мінімальний обробіток дозволяє зберегти врожай практично на тому ж рівні (2,40–2,45 т/га), при цьому скорочуються виробничі витрати на 12–15 % порівняно з традиційною системою. Система no-till забезпечує найменшу врожайність, особливо для менш адаптованого гібриду H4X302E (2,38 т/га), але водночас демонструє максимальний енергетичний коефіцієнт (1,56) та високий рівень рентабельності – до 462 %, завдяки значному зменшенню енергомисткості та трудових витрат. **Висновки.** Дослідження свідчить, що вибір технології обробітку ґрунту є ключовим фактором балансування між продуктивністю, економічними витратами та енергетичними ресурсами. Мінімальний обробіток ґрунту забезпечує оптимальне поєднання врожайності, економічної ефективності та енергоощадності, тоді як система no-till є найбільш ресурсозберігаючою, але потребує підбору адаптованих гібридів. Результати можуть бути використані для прийняття рішень щодо планування сівозмін, вибору гібридів та впровадження ресурсоефективних технологій у виробництво соняшнику в Лісостепу України.

Ключові слова: урожайність, гібриди, трудові витрати, енергозбереження, виробничі витрати, рентабельність, технології землеробства, продуктивність рослин.

Ivanov D.A. Energy and economic efficiency of different technological schemes of sunflower cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine

Purpose. The aim of the study was to assess the economic and energy efficiency of different technological schemes of sunflower cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine and to determine the optimal combinations of hybrids and tillage systems for improving productivity, reducing resource costs, and increasing production profitability. **Methods.** The study employed field experiments conducted during 2022–2024 using three sunflower hybrids (H4LM409, N4H470, H4X302E) and three tillage systems: conventional plowing at 25–27 cm, minimum

tillage at 10–12 cm, and the energy-saving no-till system with direct seeding. Yield, 1000-seed weight, and head diameter were determined using standard methods. Economic efficiency was evaluated based on the cost price per unit of output, gross production, conditional net profit, and profitability. Energy efficiency was analyzed by calculating energy consumption per hectare and per ton of production, energy gain, and energy efficiency ratio.

Results. The findings showed that the conventional tillage system ensured the highest yields for all hybrids: H4LM409 – 2.53 t/ha, N4H470 – 2.48 t/ha, H4X302E – 2.44 t/ha. Minimum tillage-maintained yields at nearly the same level (2.40–2.45 t/ha), while reducing production costs by 12–15 % compared to conventional tillage. The no-till system provided the lowest yield, particularly for the less adapted hybrid H4X302E (2.38 t/ha), but demonstrated the highest energy efficiency ratio (1.56) and a high level of profitability – up to 462 %, due to significant reductions in energy consumption and labor costs.

Conclusions. The study indicates that the choice of tillage technology is a key factor in balancing productivity, economic expenditures, and energy resources. Minimum tillage ensures an optimal balance of yield, economic efficiency, and energy savings, while the no-till system is the most resource-conserving but requires the selection of well-adapted hybrids. The results can be used for decision-making in crop rotation planning, hybrid selection, and the implementation of resource-efficient technologies in sunflower production in the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: yield, hybrids, labor costs, energy saving, production costs, profitability, farming technologies, plant productivity.

Дата першого надходження рукопису до видання:
02.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після
рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025