
УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОЛОГІСТИКИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ПОЛЬОВИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Копелець Б. О., Коваль Д. О., Кулик М. І.
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-9>

ВСТУП

Насьогодні, актуальним питанням більшості країн та регіонів світу є зниження голоду та забезпечення населення якісними продуктами харчування. Поряд з цим, енергетична незалежність країн, що розвиваються, в т.ч. і України також є важливим питанням для вивчення. Беззаперечно, це – пріоритетні цілі сталого розвитку суспільства¹. Але, водночас, за будь-якого виробництва необхідно прагнути до мінімізації впливу на навколишнє природне середовище та раціонального використання природних ресурсів². Це стосується і агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур, при яких здійснюється вплив на ґрунтовий профіль, змінюється його структурно-механічний склад, поживність й водний режим. Що здійснюють з метою створення умов близьких до оптимальних для росту й розвитку рослин як продовольчого призначення, так і енергетичного^{3,4}.

Основна продовольча культура як в світі, так і в Україні є пшениця озима м'яка (*Triticum aestivum* L.)⁵. Так, останні дані свідчать, що за обсягами виробництва зерна пшениці протягом 2020–2021 років лідерство має Китай (134,3 млн тонн) та Індія (107,6 млн тонн), майже на однаковому рівні: Франція (30,1 млн тонн) та Україна (24,9 млн тонн).

¹ Resolution adopted by the General Assembly. United Nations Millennium Declaration. Fifty-fifth session Agenda item 60 (b). General 18 September 2000. 00 55951. URL: <https://docs.un.org/en/A/RES/55/2> (дата звернення: 29.03.2025).

² Іюніна В. В. Біологізація удобрення сільськогосподарських культур у сівозмінах. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 328 с.

³ Дереча О. А., Майстер А. А., Годований А. О. та ін. Ресурсозберігаючі технології вирощування зернових культур для господарств різної форми власності. Житомир: «Полісся», 2005. 192 с.

⁴ Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S., Rozhko I. Dynamics of soil organic matter in *Panicum virgatum* sole crops and intercrops. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2021. Vol. 108 (3): 255–262. DOI: 10.13080/z-a.2021.108.033.

⁵ Shewry P.R. Wheat. *J. Exp. Bot.* 2009, 60:1537–1553. doi: 10.1093/jxb/erp058

Так, станом на 2023 рік в нашій країні виробили 21,6 млн тонн зерна⁶, що є вагомим показником у світовому масштабі.

Triticum aestivum L. – це досить вимоглива до погодних умов та системи живлення рослина з родини тонконогових⁷. Урожайність пшениці значною мірою обумовлюється будовою надземної вегетативної маси рослинного фітоценозу⁸. Продуктивність цієї культури також залежить від багатьох взаємодіючих факторів: генотип, ґрунтово-кліматичні умови та агрономічна практика управління агрофітоценозами⁹.

Інша, не менш важлива сільськогосподарська культура – це соя культурна, лат. *Glycine max* (L.) Merrill, що також, поряд із зерновими культурами, займає значні площі як в Україні, так і в світі. Водночас, вивчення основних господарських ознак сої визначає й реальну продуктивність певного сорту^{10,11}. Ефективність виробництва продукції сої пов'язують з агроекологічними умовами та агротехнологіями її вирощування^{12,13}, що є важливими інструментами які обумовлюють продуктивність сортів¹⁴.

Однак, реакцію того чи іншого сорту пшениці та сої на систему удобрення в агрологістиці виробництва, на фоні контрастних погодних умов вегетації, насьогодні вивчено й обґрунтована не в повній мірі. У

⁶ FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/> (дата звернення: 29.03.2024).

⁷ Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожайність пшениці озимої після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівозміні. *Землеробство*. 2015. № 1 С. 28-31.

⁸ Zhao H., Zhang P., Wang Y., Ning T., Xu C., Wang P. Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. 19(4): 1105–1116. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62750-4.

⁹ Srivastava A. K., Safaei N., Khaki S., et al. Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data. *Scientific Reports*. 2022. 12:3215. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06249-w>.

¹⁰ Щербина О. З., Ткачик С. О., Тимошенко О. О., Шостак Н. О. Оцінка сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] за стабільністю прояву господарсько-цінних ознак. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 90–96. DOI: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201331.

¹¹ Кириченко В. В., Рябуха С. С., Кобизева Л. Н. та ін. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.). Харків, 2016. 400 с.

¹² Іванів М. О., Возняк В. В. Біометричні показники та урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 68–76. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.11

¹³ Belyavskaya L., Belyavskiy Y., Kulyk M., Taranenko A., Didovich S. Soybean growing under inoculation by *Bradyrhizobium japonicum* strains in the Forest-steppe and Steppe zones of Ukraine. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2022. Vol. 109, No 3. P. 203–210. doi: 10.13080/za.2022.109.026

¹⁴ Діянова, А. О., & Кулик, М. І. (2024). Формування насінневої продуктивності сої залежно від біометричних показників рослин та умов року вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2024. Вип. 32. С. 93–103. <https://doi.org/10.47414/np.32.2024.326050>

зв'язку з чим, питання впливу різних способів вирощування й систем удобрення на врожайність та білковість зерна як пшениці, так і сої потребують вирішення. Не менш актуальним питанням є пошук шляхів нівелювання несприятливих для рослин ґрунтово-кліматичних умов за допомогою різноманітних агротехнологічних заходів.

Чинники, що впливають на врожайність та якість зерна сільськогосподарських культур можна розподілити наступним чином (рис. 1): антропогенні, едафічні, біотичні, абіотичні. Усі чинники, що впливають на сільськогосподарські культури пов'язані між собою, та проявляють свій вплив на рослини в агрофітоценозі. В переважній більшості вони – регульовані, окремі – слаборегульовані. Так, кліматичні й едафічні фактори впливають на рослини безпосередньо, а біотичні й антропогенні – здебільшого опосередковано. Всі фактори для рослини необхідні й рівноцінні за дією. Як правило, врожайність культур визначається фактором, який перебуває в мінімумі^{15, 16, 17}.



Рис. 1. Чинники, що мають вплив на формування врожайності та якості зерна пшениці озимої

Примітка: А – антропогенні, Е – едафічні, Б – біотичні, АБ – абіотичні.

Джерело: узагальнено та побудовано авторами.

¹⁵ Кулик М. І., Хареба В. В., Хареба О. В. Рожко І. І. Овочівництво з основами насінництва : навчальний посібник. Полтава: “Астра”, 2024. 302 с.

¹⁶ Zapisotska M., Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V. Weather factors and their influence on the adaptive properties of winter wheat varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2021, 24 (6), 34-40. DOI: 10.48077/scihor.24(6).2021.34-40

¹⁷ Whaley R., Eskandari M. Genotypic main effect and genotype-by-environment interaction effect on seed protein concentration and yield in food-grade soybeans (Glycine max (L.) Merrill). *Euphytica*, 2019, 215 (33). Available from: Accessed: Mar. 25, 2025. doi: 10.1007/s10681-019-2344-2.

Дані чинники мають вплив на продуктивність майже протягом усього періоду вегетації культурних рослин. Що підтверджується науковими публікаціями ряду авторів. Так, зарубіжні науковці в своєму дослідженні визначили особливості вибору часових фаз і аналіз точності для прогнозування врожайності пшениці озимої на основі індексу вегетації часових рядів. Результати показали, що RF-модель, яка використовує EVI з усіх часових комбінацій протягом періоду росту як вхідні параметри, точно передбачила врожайність озимої пшениці з R2 відкаліброваного набору даних¹⁸.

Інші автори встановили, що агроєкологічні умови вирощування різних генотипів сої мають суттєвий вплив на її врожайність та показники якості насіння¹⁹.

Водночас, поряд із продовольчою безпекою, проблема зменшення енергетичної залежності України на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) залишається відкритою. Проте основний енергетичний ресурс Україна отримує від атомних електростанцій, термін служби якого майже закінчився. Інші непоновлювані джерела енергії, такі як природний газ і нафта в основному імпортуються і виробляються в недостатніх об'ємах в нашій країні. На противагу цьому, поновлювані джерела енергії не повною мірою використовуються, в тому числі альтернативна енергія рослинних ресурсів, енергія сонця, вітрова геотермальна та інші види енергії. Насьогодні, найбільш доступним видом поновлюваної енергії є рослинна біомаса так званих енергетичних культур. З-поміж яких найбільш адаптованими і тими, що мають високу врожайність біомаси, є просо прутоподібне – *Panicum virgatum* L.²⁰, та Міскантус гігантський – лат. *Miscanthus x giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz²¹ (рис. 2).

¹⁸ Wang Z., Zhang C., Gao L., Fan C., Xu X., Zhang F., Zhou Y., Niu F., L. Z. Time Phase Selection and Accuracy Analysis for Predicting Winter Wheat Yield Based on Time Series Vegetation Index. *Remote Sens.*, 2024, 16, 1995. <https://doi.org/10.3390/rs16111995>

¹⁹ Rozhkov A. O., Karpuk L. M., Puzik L. M., Mikheieva O. O., Kulyk M. I., Filon V. I., Shevchenko M. V., Romanov O. V., Herman L. V., Mikheiev V. G., Shmaiun D. S. Crop capacity and quality of soybean grain depending on seed sowing rate and width of inter-rows. *Psychology and Education*, 2021, 58 (4), 3282–3299. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/12109>

²⁰ Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3(63). С. 4–12.

²¹ Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Вип. 27 (3). С. 31–37. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.05>



а



б

Рис. 2. Енергетичні культури:
а – просо прутноподібне, б – міскантус гігантський

В свою чергу, біомаса енергокультур – цінна рослинна сировина для виробництва як біопалив (рідких, твердих та газоподібних), так і продуктів із доданою вартістю. Це один із способів отримання альтернативної енергії та задоволення потреб споживачів, за одночасного розвитку біоекономіки та паливного сектору країн, що розвиваються^{22,23}.

Тому, питання науково-обґрунтованого використання природних ресурсів, в т.ч. земельних, на основі раціональної агрологістики виробництв: як найбільш поширених польових культур, так і енергетичних – залишається відкритим та недостатньо вивченими на сьогодні.

Для вирішення цих проблем нами було запропоновано новий спосіб отримання на одній площі як продовольчого зерна

²² Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимошук В. Л. Концепція виробництва твердого біопалива з біоенергетичних рослин в Україні. *Біоенергетика*. 2015. Вип. 1. С. 5–8.

²³ Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України. *Економіка АПК*. 2021. Вип. № 2. С. 71–81. http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2021_2_10

сільськогосподарських культур, так і біопалива – із енергетичних²⁴. На думку авторів, це дозволить:

- підвищити вміст білка в зерні пшениці озимої (як основної продовольчої культури) з використанням насіння різної якості з урахуванням погодних умов періоду утворення насіння на материнські рослини;
- збільшити врожайність зернобобових культур у сівозміні;
- підвищити врожайність енергетичних культур (світчграсу, міскантусу, сорго багаторічного) на основі бінарних посівів з бобовими;
- отримати додатковий продукт – рослинний кормовий білок для тваринництва та сировину для виробництва картону і біопластику (відходи виробництва біопалив);
- економити матеріальні та трудові ресурси, оптимізувати виробничі процеси й затрати в агрологістиці виробництв;
- скоротити час і кількість працівників, необхідних для вирощування сільськогосподарських культур;
- підвищити рентабельність сільського господарства;
- забезпечити екологічну рівновагу навколишнього природного середовища та агрофітоценозів, тощо.

Серед найвпливовіших чинників, що обумовлюють врожайність і якість сільськогосподарської продукції та рослинної сировини енергетичних культур науковці виокремлюють: погодно-кліматичні та екологічні фактори, а вже потім антропогенний вплив (діяльність людини)²⁵.

На думку авторів²⁶, агроекологія має перспективу комплексних змін в агро-продовольчій системі, яка переважає над сучасними технічними інноваціями. Агробіорізноманіття має бути розширене відповідно до загального переосмислення екологічних, технологічних, соціально-економічних та політичних аспектів сільського господарства щодо поліпшення стійкості агросистем.

²⁴ Kulyk M., Dekovets V., Rozhko I., Demin D., Onoprienko A. The role of innovations in the development and management during the optimization of cultivation technologies of industrial crops in the post-coronavirus world. In M. Gawron-Łapuszek & A. Karpenko (Eds.), *The role of information and technology in the construction of the post-coronavirus world: Monograph*. Katowicach, Polska: Publishing House of Katowice School of Technology, 2020, 173–185.

²⁵ Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. І. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник накопичення карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2021. Вип. № 102. С. 130-136.

²⁶ Chable V., Nuijten E., Costanzo A., Goldringer I., Bocci R., Oehen B., Rey F., Fasoula D., Feher J., Keskitalo M., Koller B., Omirou M., Mendes-Moreira P., Van Frank G., Kader A., Jika N., Mathieu T., Rossi A. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability*, 2020, 12, 784. <https://doi.org/10.3390/su12030784>

Протягом ХХІ століття локальні посухи реєструвалися як у зоні Лісостепу, так і зони Степу майже щороку, що негативно позначалося на аграрному секторі України. Це призводило до значних збитків сільськогосподарських підприємств через негативну дію атмосферних опадів, ґрунтові посухи та їх комплексний вплив на рослини²⁷.

Таким чином, регулювання абіо-, біотичних та едафічних чинників для агрофітоценозів польових та енергетичних рослин цілком можливо за допомогою антропогенних. Сюди відносимо основні логістичні операції в агровиробництві: розміщення культури у сівозміні, обробітки ґрунту, система удобрення, особливості сівби, догляд за посівами та збирання врожаю. Цю думку підтримує авторка, яка стверджує, що агрологістика є основоположним елементом виробництва і реалізації продукції в аграрному секторі. Ці логістичні операції передбачають поєднання як процесів вирощування й збирання врожаю, так і переміщення продукції за її реалізації на внутрішньому та експортному ринках. Зриви в стабільності функціонування логістичних ланцюгів в аграрному секторі, що спостерігають на даний час – умовах воєнного стану, призвели до збоїв у всіх виробничих процесах аграрного бізнесу і спричинили критичне падіння рентабельності виробництва сільськогосподарських підприємств²⁸.

Таким чином, удосконалення елементів технології вирощування сільськогосподарських культур дозволяє створити умови для рослин, близькі до оптимальних. Що, в свою чергу відобразиться на результативності агросектору – збільшення врожайності та поліпшенню якості отримуваної продукції. Яку, за обґрунтованого ланцюга постачання й реалізації можливо вчасно доставити до споживача.

1. Вивчення передумов виокремленої проблематики

У агротехнологіях вирощування пшениці озимої для збалансованого живлення рослин обов'язковим є застосування добрив: як органічних, так і мінеральних. Агрономічно-обґрунтоване внесення добрив у ґрунт дозволяє отримувати високі й сталі врожаї зернових культур з

²⁷ Польовий А. М., Божко Л. Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. Вип. 16. С. 128–139.

²⁸ Nycz-Wojtan, S. The current state of agrologistics in Ukraine and its impact on the state's agribusiness. *Journal of Bielsko-Biala School of Finance and Law*, 2023, 27(3), 85–91. <https://doi.org/10.19192/wsflp.sj3.2023.13>

відповідною якістю зерна^{29,30}. Визначено, що погодні умови близькі до оптимальних для рослин пшениці створюються при достатньому забезпеченні фітоценозу необхідними елементами живлення, та при здійсненні передбачених агротехнологічних заходів^{31,32}.

Окрім основної продукції пшениці – зерна, після збору врожаю на полях залишається значна кількість рослинних решток. Так, автори³³ стверджують, що кількість соломи безпосередньо залежить від валового збору врожаю сільськогосподарських культур. Цей обсяг визначається погодно-кліматичними умовами, структурою посівних площ та системою землеробства в господарстві.

Вплив сільського господарства на навколишнє середовище відповідно «*European Green Deal*» передбачає стале використання мінеральних добрив і науково-обґрунтоване застосування засобів захисту рослин з мінімальним впливом на біорізноманіття. Що, в перспективі дозволить збільшити площі під органічним землеробством та розширити виробництво екологічно чистої продукції³⁴.

Водночас, зарубіжні автори визначили агрономічні й екологічні переваги та недоліки за вирощування пшениці озимої³⁵:

- високе співвідношення вуглецю до азоту (C:N) рослинних решток пшениці має вплив щодо якості ґрунту, боротьби з бур'янами та потенціалу пом'якшення кліматичних змін.
- розміщення пшениці в короткоротаційних сівозмінах може мати вплив на цикли розвитку популяції шкідників,
- зменшення втрат азоту з ґрунту та зниження виробничих витрати;
- покращення стану ґрунту та поглинання вуглецю;

²⁹ Кудрявицька А., Карабач К. Вплив добрив на урожайність та показники якості зерна пшениці озимої. *SWorldJournal*. 2023. Вип. 20(1). С. 148–150. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-20-01-038>

³⁰ Лісовий Н. В., Філатов В. П., Євенко О. Ф. Вплив тривалого застосування добрив на продуктивність культур і родючість чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України. *Агрохімія*. 2000. Вип. 2. С. 27–39.

³¹ Kulyk M.I., Rozhkov A. O., Kalinichenko O. V., Taranenko A. O., Onoprienko O. V. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*. 2020. 18(3) : 2103-2116. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.20.187>

³² Жемела Г.П., Сидоренко А.В., Кулик М.І. Роль погодних факторів у поліпшенні якості зерна пшениці озимої. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2007. Вип. №2. С. 16–22.

³³ Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревинна біомаса / [Г. Г. Гелетука, Т. А. Железна, М. М. Жовмір та ін.]. *Промислова теплотехніка*. 2010, т. 32, №6. С. 58–65.

³⁴ Wrzaszcz, W., Prandecki, K. Agriculture and the European Green Deal. *Problems of Agronomic Economics*, 2020, 4, 156–179. doi: 10.30858/zer/131841.

³⁵ Simão, L. M., Cruppe, G., Michaud, J. P., et al. Beyond grain: Agronomic, ecological, and economic benefits of diversifying crop rotations with wheat. *Advances in Agronomy*, 2024, 186, 51–112. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.02.007>.

- підвищення ефективності використання ресурсів системи землеробства;

- тримання економічних переваг в плані зниження собівартості та підвищення рентабельності виробництва за отримання зерна високої якості.

Зарубіжні автори, провівши комплексні дослідження визначили певні закономірності за вирощування пшениці озимої. Вони встановили, що вищі врожаї зерна пшениці можна отримати за менш інтенсивної агротехніки (система землеробства INT), ніж у системі з великими витратами (система землеробства CONV). Отримана продукція може бути придатною сировиною для виробництва борошна для хлібопекарських цілей, незважаючи на менший вміст білка (системи землеробства INT та ORG). Дослідження також показало, що окремі сорти пшениці по-різному реагують на агротехнології, які при цьому застосовувалися. Тому, важливо підбирати систему виробництва індивідуально відповідно до вимог і потенційної продуктивності сорту³⁶.

Як відмічає В. В. Лихочвор³⁷: «значенню сорту як надійному резерву підвищення врожайності пшениці озимої увагу приділяли давно». Ще на початку минулого століття за вирощування сортів пшениці озимої виробники забезпечували лише 10-15 ц/га зерна, однак якість його була високою. Автор також підтримує думку, що в час економічної кризи, коли на значних площах по декілька років не вносять мінеральні добрива, пластичність сорту знову виходить на перший план. Насьогодні, у районованих сортах пшениці з потенційною врожайністю 80-90 ц/га і більше, без достатнього рівня живлення рослин та слабкої пластичності приводить до значного недобору зерна.

Останніми роками вітчизняними селекціонерами створено чимало нових сортів пшениці озимої, які відрізняються морфологічними ознаками, біологічними властивостями, господарсько цінними якостями. Вони мають певну функціональну орієнтованість відносно агроєкологічних умов вирощування та різних адаптивний рівень стійкості проти несприятливих факторів тощо³⁸. За даними Л. П. Довгаль³⁹ рівень виробництва зерна озимих культур до 20%

³⁶ Mitura, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Szablewski, T., Studnicki, M. Yield and Grain Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) Depending on the Different Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). *Plants (Basel)*, 2023, 12(5), 1022. doi: 10.3390/plants12051022.

³⁷ Лихочвор В. В. Роль кушення пшениці озимої у підвищенні продуктивності рослин. *Вісник аграрної науки*. 2001. Вип. № 7. С. 20–22.

³⁸ Реєстр сортів рослин України. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy> (дата звернення 28.03.2025 р.).

³⁹ Довгаль Л.П. Пшениця. Інтенсивна технологія вирощування. К.: Урожай, 1997. 124 с.

забезпечується вдалим добором сортів відповідно до вимог ґрунтово-кліматичних умов. А за оцінкою інших науковців, у зв'язку з динамічними змінами клімату, нестабільністю погоди коливання врожайності озимих зернових досягають іноді до 50%. Саме тому, на сьогодні особливої ваги набуває вдалий добір сорту⁴⁰.

Добір високопродуктивних районованих сортів, застосування відпрацьованої сортової агротехнології дає можливість збирати 4,0-5,0 т/га і більше зерна на промислового вирощування пшениці озимої^{41,42,43}. Як відмічають автори^{44,45,46}, новостворені сорти пшениці повинні характеризуватися низкою цінних господарських ознак: поряд з високою врожайністю сорт повинен мати високоякісне зерно, бути стійким проти ураження хворобами та шкідниками, стійким до вилягання, зимостійким, добре реагувати на високий агрофон.

Створення високопродуктивних сортів рослин з господарсько-цінними ознаками і властивостями та використання їх в агропромисловому комплексі є одним із найефективніших, доступних і дешевих шляхів підвищення урожайності, стабілізації виробництва продукції рослинництва і росту його прибутковості^{47,48}.

Саме тому, вивчення й обґрунтування особливостей формування продуктивного потенціалу сортів пшениці озимої в контрастних умовах останніх років набуває актуального значення.

Поряд з цим, ряд авторів визначили, що комплекс основних морфологічних і господарських ознак визначає продуктивність будь-

⁴⁰ Моргун В. В., Санін Є. В., Швартоу В. В., Артемчук І. Л. Сорти та технології вирощування високих врожаїв озимої пшениці. Київ: Догос. 2009. 93 с.

⁴¹ Кулик М.І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Гайдай А. О. Мінливість елементів структури врожаю та врожайність сортів пшениці озимої залежно від передпосівного калібрування насіннєвого матеріалу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. Вип. 5 (87). <https://doi.org/10.31548/dopovid2020.05.007>

⁴² Шевченко О.О. Вологозабезпеченість, забур'яненість та урожайність озимої пшениці при розміщенні її в сівозмінах на різних фонах добрив і обробітку ґрунту. *Бюл. Інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ. 2001. Вип. № 15-16. С. 105-109.

⁴³ Кулик М.І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2020. Вип. 114. С. 55–62. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8>

⁴⁴ Уліч Л.І., Лисикова В.М. Сорт озимої пшениці для інтенсивних технологій. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. Вип. № 3. С. 103–107.

⁴⁵ Дикий В.В. Випробування нових селекційно-насіницьких розробок і впровадження їх у виробництво. *Посібник українського хлібороба*. 2012. С. 72–73.

⁴⁶ Лисикова В. Кращі сорти продовольчої пшениці. *Пропозиція*. 2012. № 8. С. 44–47.

⁴⁷ Волкодав В.В., Ключко А.А., Сливченко О.А. та ін. Сортозаміна. Що гальмує освоєння на Українських полях нових сортів і гібридів. *Насінництво*. 2004. Вип. № 3. С. 1–3.

⁴⁸ Жемела Г.П. Агротехнічні фактори поліпшення якості зерна пшениці озимої. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2005. Т.4. (23). С. 115-119.

якого сорту сої^{49,50}. Що необхідно здійснювати у тісному взаємозв'язку з агротехнологічними умови вирощування, та реакцією сортів сої на них⁵¹. Крім того, оцінювання сортів сої за кількісними показниками рослин, вивчення впливу умов вирощування на продуктивність сортів є актуальними питаннями сьогодення⁵².

Поряд з цим, при вивченні особливостей вирощування та чинників, що впливають на врожайність енергетичних культур, автори встановили міжвидову різницю реакції рослин світчграсу та міскантусу на погодні та агротехнічні умови вирощування⁵³.

Наші попередніми дослідженнями також підтверджена ця думка в плані закономірностей зростання виходу енергії біомаси енергокультур залежно від сорту⁵⁴. Вони визначаються умовами й способами вирощування та удобренням посівів азотними добривами і залежать від зміни структури фітоценозу за вирощування з бобовими рослинами.

Урожайність біомаси світчграсу може змінюватись у межах – від 6 до 25 т/га сухої речовини за багаторічного використання енергоплантації на маргінальних землях (до 15-20 років)⁵⁵.

Біомасу світчграсу можна збирати розпочинаючи з другого року вирощування культури, але промислове використання енергоплантації практикують з третього року. Просо прутоподібне забезпечує до 30% свого потенціалу біомаси у перший рік вегетації, до 70% – на другий рік і 100% потенціалу – починаючи із третього року вирощування. Ці залежності є подібними до міскантусу. Час збирання проса

⁴⁹ Зінченко О. С., Ведмедєва К. В., Якубенко О. В. Пластичність, стабільність та мінливість сортів сої за господарсько-цінними ознаками у екологічному сортовипробуванні. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. Вип. № 25. С. 50–60.

⁵⁰ Мазур О. В., Мазур О. В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. № 12. С. 69–86.

⁵¹ Іванів М. О., Возняк В. В. Біометричні показники та урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. № 130. С. 68–76. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.11

⁵² Sareo H., Devi H. N., Devi T. H. R. et al. Genetic diversity analysis among soybean (*Glycine max*) genotypes based on agro morphological characters. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 88, Iss. 12. P. 1839–1842.

⁵³ Maroš Korenko, Volodymyr Bulgakov, Vasyl Kurylo, Maksym Kulyk, Alexander Kalinichanko, Yevhen Ihnatiev, Eva Matušeková Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 2021, 24 (1) : 41–47. DOI: <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>

⁵⁴ Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S. Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobot.*, 2019, 72 (3) : 1786. URL: <https://doi.org/10.5586/aa.1786>

⁵⁵ Кулик М. І., Сиплива Н. О. Рівень врожайності проса прутоподібного залежно від сорту та строку збирання. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 107. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 93–100.

прутоподібного обумовлює вихід біомаси і якість сировини, що, в свою чергу має вплив на виробництво біопалива і пов'язані з ним економічні чинники. За осіннього збору, порівняно із весняним врожайність біомаси буде вищою за одночасно нижчого вмісту сухої речовини. Але водночас, за зимовий період із біомаси, вилугується частина калію і хлору, що поліпшує якість рослинної сировини^{56,57}.

Сумісне вирощування енергетичних культур теж є ефективним заходом збільшення врожайності та обсягів біомаси⁵⁸. Окрім цього, ефективність вирощування енергокультур досягається оптимізацією вирощування технології, яка в поєднанні з погодними умовами дозволяє збільшити продуктивність рослинного фітоценозу та отримати значний обсяг біомаси для виробництва біопалива⁵⁹.

Таким чином, узагальнюючи результати дослідження наукових публікацій, визначено що для зменшення впливу змін клімату та екстремальних погодних умов необхідно знайти шляхи усунення цих негативних явищ у тісному зв'язку з агротехнічними заходами вирощування основних польових й енергокультур. Що в результаті збільшить продуктивність, зменшенню втрат продукції, а також сприятиме одержанню стабільних і високих врожаїв, виходу основної продукції (навіть за несприятливих погодних умов). Водночас, впровадження енергетичних культур в структуру посівних площ разом із зернобобовими (посів основної культури) та залучення їх до компонентного складу інших рослин дозволить отримати додатковий продукт – рослинну сировину для біопалива.

Тому, метою наших комплексних досліджень було визначення впливу умов вирощування рослин у бінарних й змішаних посівах на врожайність основної та мінливість показників якості того чи іншого виду продукції. Також у наших дослідженнях вивчалася можливість залучення до виробництва багаторічних енергетичних культур, які доречно поєднати у структурі польової сівозміни у вигляді бінарних (смугових посівів).

⁵⁶ Недільська У. І. Ріст, розвиток та урожайність проса прутіподібного (Світчграсу). *Таєрйський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 133– 137. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.16>

⁵⁷ Енергетичні культури : сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колективна монографія / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: “Астрія”, 2023. 220 с.

⁵⁸ Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. Вип. 1, С. 16-18.

⁵⁹ Kulyk M., Kurylo V., Pryshliak, N., Pryshliak, V. Efficiency of Optimized Technology of Switchgrass Biomass Production for Biofuel Processing. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2020. [S. l.], v. 11, n. 1: 173-185, doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1\(41\).20](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1(41).20).

2. Аналіз існуючих методів вирішення проблеми та формулювання завдання досліджень

Об'єкт дослідження – закономірності формування врожайності і якості продукції польових культур (пшениці озимої, сої культурної) залежно від умов вирощування у бінарних посівах разом із енергетичними культурами (просо прутоподібне та міскантус гігантський).

Предмет дослідження – формування продуктивності основної продукції зернових та енергетичних культур залежно способу та умов вирощування.

Метою досліджень є вивчення впливу способу та умов вирощування на врожайність і якість основної продукції польових та енергетичних культур

Щоб здійснити комплексні наукові дослідження, ми проводили багаторічний експеримент в центральному Лісостепу України на основі теоретичного планування та практичної реалізації завдань дослідження.

Дослідження включали виконання наступних завдань:

1. Встановити вплив якості насіння пшениці озимої та погодних умов на урожайність і вміст білка в зерні;

2. Визначити врожайність сої залежно від способу вирощування та інокулювання насіння;

3. Вивчити вплив бінарного вирощування на врожайність біомаси енергетичних культур (світчграс, міскантус);

4. Скласти модель оптимізованої структури посівних площ та агротехнології вирощування культур продовольчого та енергетичного призначення за бінарного вирощування у смугових посівах з бобовим компонентом.

Під час проведення дослідів ми враховували методiku досліджень в агрономії^{60, 61}, науково-методичні рекомендації та відповідні методики. А також проводили статистичний аналіз отриманих цифрових даних дослідів⁶².

Методи дослідження: візуальний – для ведення фенологічних спостережень; ваговий – для визначення продуктивності й врожайності посівів; математично-статистичний – для об'єктивної кількісної оцінки

⁶⁰ Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

⁶¹ Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 342 с.

⁶² Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні рекомендації. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

отриманих експериментальних даних; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності прийомів технології вирощування.

Всі фактори в досліді максимально подібні: дослід закладено на одному полі з вирівняним рельєфом, ґрунти з рівномірним вмістом NPK, попередник – чорний пар виведених полів із сівозміни. Ґрунти, де розміщували дослід – мали низький вміст гумусу (2,5%) та середній за основними елементами живлення рослин NPK.

Агротехнологія польових культур (пшениця і соя). Підготовка поля – напівпаровий основний обробіток ґрунту. Сівбу пшениці озимої в рік досліджень проводили в рекомендовані для зони строки (1 декада вересня) на глибину 4-6 см сівалкою JohnDeere. Норму висіву становила – 3,5 млн. насінин/га. Сівбу пшениці здійснювали сумішню насіння у пропорції 50 : 50%: крупне насіння пшениці озимої за МТН $50,4 \pm 0,5$ г і середнє насіння пшениці озимої за МТН $41,5 \pm 0,3$ г. Збирання врожаю зерна пшениці із смугових посівів проводили при настанні 14-ти% вологості зерна зернозбиральними комбайнами.

Сівбу сої здійснювали нормою висіву схожого насіння 120 кг/га за густоти 400 тис/га за ширини міжряддя 45 см.

Облік урожайності пшениці та сої проводили методом прямого комбайнування. Урожайність кожної культури визначали шляхом перерахунку врожайності на стандартну вологість і чистоту. Облік врожайності і визначення показників якості зерна здійснювали згідно загальноприйнятих методик.

Агротехнологія вирощування енергетичних культур загальноприйнята для зон досліджень – відповідно наукових рекомендацій.

Підготовка дослідних ділянок складалася з оранки ґрунтового профілю на 20-22 см, послідуєчого дискування, та осіннього й весняного культивувань у міру з'явлення бур'янів.

Сівбу насіння світчграсу проводили нормою висіву насіння 10 кг/га з шириною міжрядь 45 см, з послідуєчим коткуванням посівів.

Висаджування ризом міскантусу здійснювали квадратним способом за схеми 70×70 з густотою насадження 25 тис. шт./га.

Міжрядний обробіток на енергоплантаціях проводився тільки на перший і другий рік вегетації культур культиватором КРН-5,6.

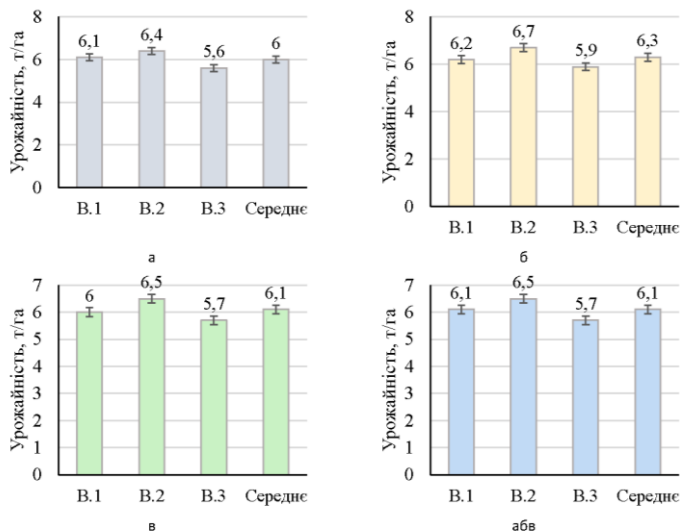
Збирання врожаю міскантусу здійснювали після 2 року вегетації, а світчграсу – після 3-го за допомогою кукурудозбирального комбайна. Зібрану й подрібнену рослинну сировину відразу вивозили на переробку.

Отже, умови проведення досліджень є типовими для виконання досліджень в агрономії, польовий експеримент відповідає методичним рекомендаціям та затвердженням методикам.

3. Результати досліджень

3.1. Вплив умов вирощування на врожайність пшениці озимої

За результатами проведених виробничих досліджень, було встановлено, що поряд із способом вирощування, сівба сумішню насіння, що формувалося у різних умовах дозволяє збільшити врожайності пшениці озимої (рис. 4).



**Рис. 4. Урожайність зерна пшениці озимої м'якої (т/га):
а – 2021 р., б – 2022 р., в – 2023 р., абв – середнє за 2021-2024 рр.**

**Примітка: B.1 – вихідний зразок насіння пшениці озимої за МТН $40,8 \pm 0,5$ г – контроль, B.2 – суміш насіння у пропорції 50 : 50%: крупне насіння пшениці озимої за МТН $50,4 \pm 0,5$ г і середнє насіння пшениці озимої за МТН $41,5 \pm 0,3$ г, B.3 – дрібне насіння пшениці озимої за МТН $30,6 \pm 0,7$ г. НІР₀₅ 0,11 т/га.*

Вирощування пшениці озимої м'якої у бінарних посівах з урахуванням нового способу дозволяє суттєво збільшити врожайність до 6,5 т/га, що на 0,3 т/га більше, ніж на контролі – сівба насінням за масою 1000 насінин $40,8 \pm 0,5$ г, на 0,8 т/га за сівби мілким насінням при НІР₀₅ 0,11.

Вміст білка в зерні пшениці озимої за варіантами дослідів варіював від 13,4 до 14,1% (рис. 5).

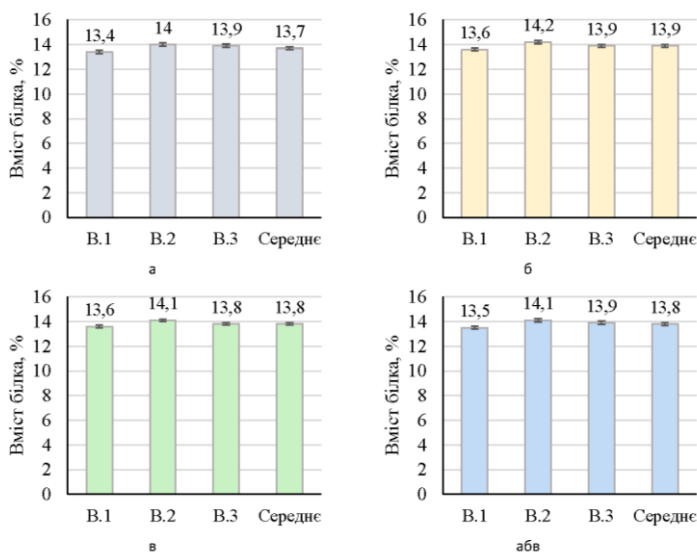


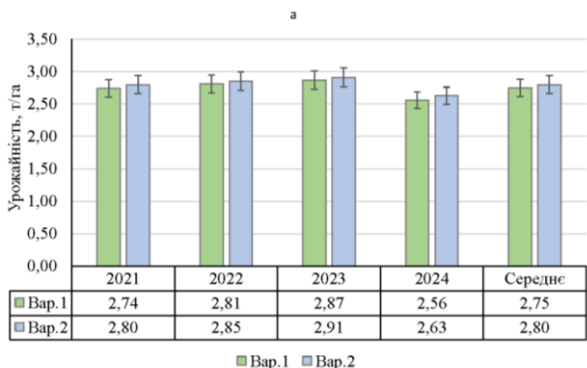
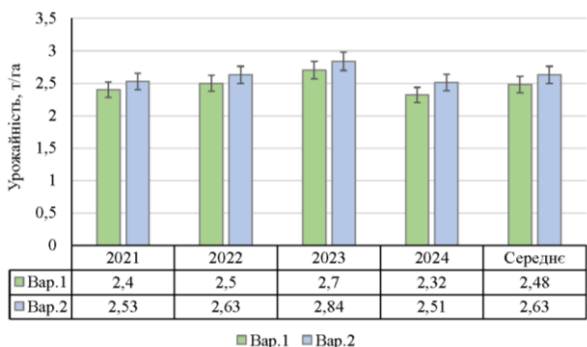
Рис. 5. Вміст білка в зерні пшениці озимої м'якої (%): а – 2021 р., б – 2022 р., в – 2023 р., абв – середнє за 2021-2024 рр.

*Примітка: B.1 – вихідний зразок насіння пшениці озимої за МТН $40,8 \pm 0,5$ г – контроль, B.2 – суміш насіння у пропорції 50 : 50%: крупне насіння пшениці озимої за МТН $50,4 \pm 0,5$ г і середнє насіння пшениці озимої за МТН $41,5 \pm 0,3$ г, B.3 – дрібне насіння пшениці озимої за МТН $30,6 \pm 0,7$ г. НІР₀₅ 0,06 т/га.

Визначено, що змішана сівба різноякісним насінням пшениці озимої суттєво збільшує як врожайність, так і вихід зерна з підвищеним вмістом білка – до 14,1%, що на 0,6% більше – ніж на контролі, та на 0,3 т/га – варіантів сівби мілкого насіння за НІР₀₅ 0,06.

3.2. Вплив умов вирощування на врожайність сої

Визначено, що допосівна обробка насіння, що формувалося у різних умовах на одновидових та бінарних посівах дозволяє збільшити врожайність зерна сої (рис. 6).



б

Рис. 6. Урожайність сортів сої залежно від способу вирощування: а – одновидовий, б – бінарний посів та інокуляції насіння, 2021-2024 р.

Примітка: Вар. 1 – без обробки насіння (контроль), Вар. 2 – обробка насіння Ризогумін.

Визначено, що врожайність сої за варіантами досліду та роками дослідження варіювала у межах – від 2,32 до 2,91 т/га. Так, у одновидових посівах врожайність насіння сої було від 2,32 до 2,84 т/га, а у бінарних – суттєво вище – від 2,56 до 2,91 т/га. При чому, відмічена тенденція суттєво збільшення цього показника на варіантах допосівної інокуляції насіння.

3.3. Вплив умов вирощування на врожайність енергетичних культур

При реалізації даного способу – комбінованої сівби, порівняно із одновидовим видом посіву забезпечується збільшення врожайності проса прутноподібного (світчграсу) – до 16,9 т/га на фоні зростання

вмісту органічної речовини в ґрунті – у середньому за 10 років на 0,03% (рис. 7).

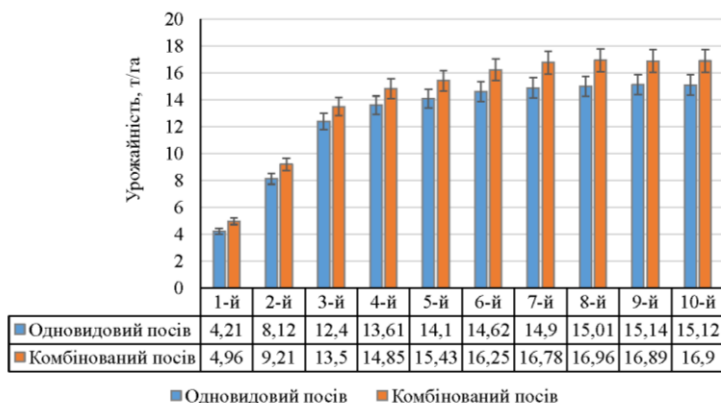


Рис. 7. Динаміка врожайності біомаси проса прутоподібного залежно від способу вирощування у фітоценозі, 2015-2024 рр.

У середньому за роки дослідження найбільшу врожайність забезпечила комбінована сівба у бінарному посіві – на рівні 14,2 т/га, що у порівнянні з одновидовими посівами (12,7 т/га) забезпечили прибавку врожаю біомаси на рівні 1,5 т/га (рис. 8).

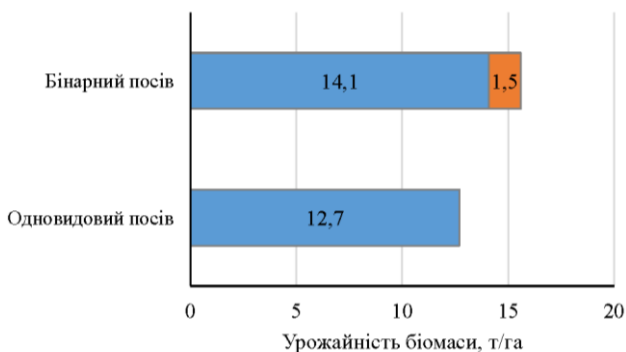


Рис. 8. Урожайність біомаси проса прутоподібного залежно від способу вирощування у фітоценозі, середнє за 2015-2024 рр.

Таким чином, порівняно з одновидовою сівбою (з шириною міжряддя 45 см), відмічено суттєве зростання врожайності біомаси при комбінованій сівбі проса прутоподібного. Водночас, залежність між

врожайністю біомаси (у) проса прутоподібного – світчграсу при комбінованому способу сівби і вмістом органічної речовини в ґрунті (х) визначається рівнянням регресії: $y=76,888 \cdot x-255,33$ при значенні показника детермінації ознак R 0,78. Прямолінійна кореляційна залежність вказує на те, що із збільшенням врожайності біомаси в динаміці років дослідження буде зростати вміст органічної речовини в ґрунті під посівом проса прутоподібного.

3.4. Модель оптимізації структури посівних площ сільськогосподарських культур (продовольчого та енергетичного призначення)

Морфологічні та біологічні особливості енергетичних та польових культур, їх сумісність дозволяють створювати бінарний (смуговий) посів разом з іншими одно– та багаторічними культурами (рис. 9).

Міскантус гігантський							
1	просо прутоподібне (світчграс)	1	пшениця озима	1	соя	1	просо прутоподібне (світчграс)
Міскантус гігантський							

Рис. 7. Модель структури фітоценозу сільськогосподарських культур (продовольчого та енергетичного призначення)

Примітка: 1 – бобовий компонент: люцерна серповидна з підсівом ячменю.

Таким чином, міскантус гігантський, що розміщений по периметру дослідів є страховою культурою для щорічного надходження сировини до часу отримання запланованої врожайності з енергетичної ділянки бінарного вирощування світчграсу 3-го року вегетації.

Проміжна зернобобова культура – люцерна, дає змогу отримати додатковий продукт – щорічний урожай зеленої маси для тваринництва. Крім того, азот, який накопичується під смуговими посівами бобових культур, згодом ефективно використовує основний компонент фітоценозу – пшениця, кукурудза та інші культури, що будуть в ротації сівозміни. Основні культура бінарних посівів – соя та пшениця озима в ротації смугового вирощування забезпечують високу врожайність зерна за визначених елементів технології вирощування.

Застосування даної моделі дозволить збільшити врожайність пшениці озимої та сої культурної (еколого-адаптивні елементи технології вирощування). Ці елементи агротехнології включають: різні обробітки ґрунту, підготовка насіння, сівба згідно розробленої схеми, та з урахуванням норм висіву насіння, догляд за посівами й збирання врожаю. Водночас, багаторічна злакова енергокультура у суміжних

смугах – забезпечить щорічне надходження рослинної енергоємної сировини для споживачів.

Таким чином, схема агрологістики виробництва продовольчих та енергетичних культур за розміщення їх у бінарних посівах матиме наступний вигляд (рис. 10).

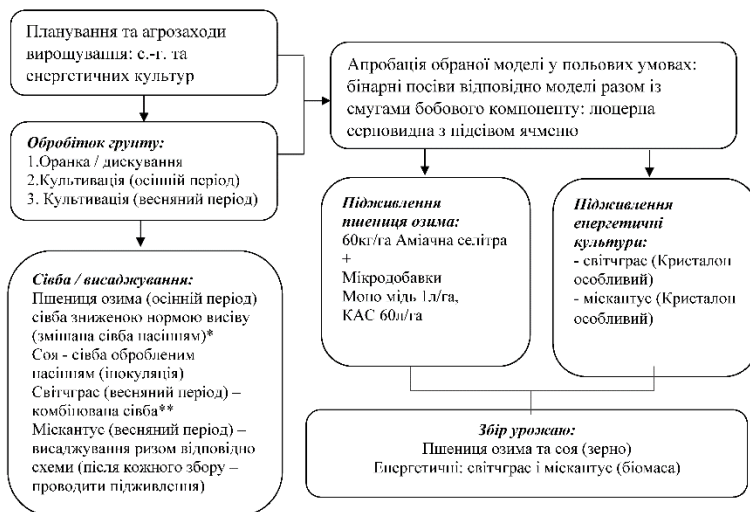


Рис. 10. Схема створення ефективних агрофітоценозів польових та енергетичних культур при бінарному вирощуванні компонентів

Примітка: * – змішаний посів пшениці озимої зниженою нормою висіву насіння – 3,5 млн. схожих насінин на 1 га за пропорцією 50 : 50% крупною фракцією насіння $50,4 \pm 0,5$ г, що формувалося в умовах близьких до оптимальних за ГТК = 1,0 та сівба середньою фракцією насіння за масою 1000 насінин $41,5 \pm 0,3$, що формувалося у посушливих умовах періоду формування і наливу зерна відповідно гідротермічного коефіцієнту < 0,4.

** – сівба у міжряддя в 90 см світчграсу з нормою висіву насіння 4,0 кг/га, а по центру цього міжряддя проводять змішаний посів: конюшини лучної з нормою висіву 10,0 кг/га у суміші з просом прутноподібним – норма висіву 3,5 кг/га.

Також, при розробці агрологістики виробництва сільськогосподарських культур необхідно:

- ретельно підбирати попередники за бінарного їх вирощування, спланувати схему сівби / висаджування,
- обробити ґрунту здійснювати відповідно зональних рекомендацій у встановлені строки,
- проводити агрозаходи згідно розробленої моделі функціонування агрофітоценозів,

– збір врожаю здійснювати: енергетичних культур у осінній період (світчграс) та весняний (міскантус), зерно пшениці та сої проводити за вологості зерна на рівні 13,5-14,0%.

Таким чином, за результатами дослідження ми зробили попередні висновки:

– цілком можливо отримати основну продукцію польових культур (зерно) і додаткову продукт – рослинний кормовий білок для тваринництва, біомасу – із енергокультур, з використанням інноваційної моделі структури посівних площ культур продовольчого та енергетичне призначення;

– можливо досягти економії матеріальних і трудових ресурсів на основі вдосконалення виробничих процесів шляхом оптимізації структури посівних площ на основі обґрунтованого управління бінарними посівами.

ВИСНОВКИ

Вивчення морфо-біологічних ознак польових та енергетичних культур визначило оптимальні варіанти для бінарних посівів: бобові добре ростуть у міжряддях проса прутоподібного, що значно підвищує урожайність світчграсу (до 16,6 т/га) та вихід енергії з біомаси енергокультур.

Умови утворення насіння на материнських рослинах, що відповідають оптимальним або посушливим та посів сумішню середнього і крупного насіння підвищує врожайність пшениці озимої. Посушливі умови вегетації материнських рослин значно підвищують вміст білка в зерні отриманого нового врожаю (до 14,1%).

Бінарні посіви сої культурної, з урахуванням передпосівної інокуляції насіння, однозначно дозволяють збільшити врожайність насіння (до 2,80 т/га).

Модель структури оптимізації бінарного вирощування передбачає використання культур продовольчого та енергетичного призначення із залучення бобового компоненту до бінарних посівів. Запропонований інноваційний метод дає можливість отримати не тільки основну продукцію рослинництва для продовольства (зерно пшениці та сої), а також додаткової – рослинної сировини для біопалива та фітомасу багаторічних бобових культур для тваринництва. Це дозволить не тільки отримувати сталу врожайність, а й також підвищити рентабельність сільського господарства. А це, в свою чергу, допомагає досягти економії матеріальних ресурсів та оптимізувати виробничі процеси в агрологістичі.

АНОТАЦІЯ

Наукова публікація містить інформацію щодо оптимізації вирощування польових культур продовольчого призначення та енергетичних культур – для виробництва біопалива. Була зроблена

спроба оптимізувати структуру посівних площ на основі бінарних посівів з метою економії матеріально-технічних ресурсів. Це дозволить підвищити урожайність сільськогосподарських культур за нового способу їх розміщення на площі. Це також збільшить рентабельність сільського господарства за рахунок економії та оптимізації виробничих процесів. Запропонований інноваційний метод удосконалює вирощування сільськогосподарських культур, що дуже важливо для збільшення обсягів отримання основної продукції та продуктів з доданою вартістю.

Література

1. Resolution adopted by the General Assembly. United Nations Millennium Declaration. Fifty-fifth session Agenda item 60 (b). General 18 September 2000. 00 55951. URL: <https://docs.un.org/en/A/RES/55/2> (дата звернення: 29.03.2025).
2. Іоніна В. В. Біологізація удобрення сільськогосподарських культур у сівозмінах. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 328 с.
3. Дереча О. А., Майстер А. А., Годований А. О. та ін. Ресурсозберігаючі технології вирощування зернових культур для господарств різної форми власності. Житомир: «Полісся», 2005. 192 с.
4. Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S., Rozhko I. Dynamics of soil organic matter in *Panicum virgatum* sole crops and intercrops. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2021. Vol. 108 (3): 255–262. DOI: 10.13080/z-a.2021.108.033.
5. Shewry P. R. Wheat. *J. Exp. Bot.* 2009. 60:1537–1553. DOI: 10.1093/jxb/erp058.
6. FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/> (дата звернення: 29.03.2024).
7. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Урожайність пшениці озимі після різних попередників на фоні тривалого застосування добрив у сівозміні. *Землеробство*. 2015. № 1. С. 28–31.
8. Zhao H., Zhang P., Wang Y., Ning T., Xu C., Wang P. Canopy morphological changes and water use efficiency in winter wheat under different irrigation treatments. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. 19(4): 1105–1116. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62750-4.
9. Srivastava A. K., Safaei N., Khaki S., et al. Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data. *Scientific Reports*. 2022. 12:3215. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06249-w>.
10. Щербина О. З., Ткачик С. О., Тимошенко О. О., Шостак Н. О. Оцінка сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] за стабільністю прояву господарсько-цінних ознак. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 90–96. DOI: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201331.

11. Кириченко В. В., Рябуха С. С., Кобизева Л. Н. та ін. Соя (Glycine max (L.) Merr.). Харків, 2016. 400 с.

12. Іванів М. О., Возняк В. В. Біометричні показники та урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 68–76. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.11

13. Belyavskaya L., Belyavskiy Y., Kulyk M., Taranenko A., Didovich S. (2022). Soybean growing under inoculation by Bradyrhizobium japonicum strains in the Forest-steppe and Steppe zones of Ukraine. Zemdirbyste-Agriculture, 109 (3), 203–210. doi: 10.13080/za.2022.109.026

14. Діянова А. О., Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності сої залежно від біометричних показників рослин та умов року вирощування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2024. Вип. 32. С. 93–103. <https://doi.org/10.47414/nr.32.2024.326050>

15. Кулик М. І., Хареба В. В., Хареба О. В. Рожко І. І. Овочівництво з основами насінництва : навчальний посібник. Полтава: “Астрія”, 2024. 302 с.

16. Zapisotska M., Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V. Weather factors and their influence on the adaptive properties of winter wheat varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2021, 24 (6), 34–40. DOI: 10.48077/scihor.24(6).2021.34–40

17. Whaley R., Eskandari M. Genotypic main effect and genotype-by-environment interaction effect on seed protein concentration and yield in food-grade soybeans (Glycine max (L.) Merrill). *Euphytica*, 2019, 215 (33). Available from: Accessed: Mar. 25, 2025. doi: 10.1007/s10681-019-2344-2.

18. Wang Z., Zhang C., Gao L., Fan C., Xu X., Zhang F., Zhou Y., Niu F., L, Z. Time Phase Selection and Accuracy Analysis for Predicting Winter Wheat Yield Based on Time Series Vegetation Index. *Remote Sens.*, 2024, 16, 1995. <https://doi.org/10.3390/rs16111995>

19. Rozhkov A. O., Karpuk L. M., Puzik L. M., Mikheieva O. O., Kulyk M. I., Filon V. I., Shevchenko M. V., Romanov O. V., Herman L. V., Mikheiev V. G., Shmaiun D. S. Crop capacity and quality of soybean grain depending on seed sowing rate and width of inter-rows. *Psychology and Education*, 2021, 58 (4), 3282–3299. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/12109>

20. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. Panicum virgatum L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. Інтродукція рослин. 2014. Вип. 3(63). С. 4–12.

21. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Вип. 27(3). С. 31–37. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.05>

22. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимошук В. Л. Концепція виробництва твердого біопалива з біоенергетичних рослин в Україні. *Біоенергетика*. 2021. Вип. 1. С. 5–8.

23. Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України. *Економіка АПК*. 2021. Вип. 2. С. 71–81. http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2021_2_10

24. Kulyk M., Dekovets V., Rozhko I., Demin D., Onoprienko A. The role of innovations in the development and management during the optimization of cultivation technologies of industrial crops in the post-coronavirus world. In M. Gawron-Łapuszek & A. Karpenko (Eds.), *The role of information and technology in the construction of the post-coronavirus world: Monograph*. Katowicach, Polska: Publishing House of Katowice School of Technology, 2020, 173–185.

25. Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. І. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник накопичення карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 102. С. 130–136.

26. Chable V., Nuijten E., Costanzo A., Goldringer I., Bocci R., Oehen B., Rey F., Fasoula D., Feher J., Keskitalo M., Koller B., Omirou M., Mendes-Moreira P., Van Frank G., Kader A., Jika N., Mathieu T., Rossi A. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability*, 2020, 12, 784. <https://doi.org/10.3390/su12030784>

27. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. Вип. 16. С. 128–139.

28. Nycz-Wojtan, S. The current state of agrolistics in Ukraine and its impact on the state's agribusiness. *Journal of Bielsko-Biala School of Finance and Law*, 2023, 27(3), 85–91. <https://doi.org/10.19192/wsfp.sj3.2023.13>

29. Кудрявицька А., Карабач К. Вплив добрив на урожайність та показники якості зерна пшениці озимої. *SWorldJournal*. 2023. Вип. 20(1). С. 148–150. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-20-01-038>

30. Лісовий Н. В., Філатов В. П., Євченко О. Ф. Вплив тривалого застосування добрив на продуктивність культур і родючість чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України. *Агрохімія*. 2000. Вип. 2. С. 27–39.

31. Kulyk, M. I., Rozhkov, A. O., Kalinichenko, O. V., Taranenko, A. O., Onopriienko, O. V. Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*, 2020, 18(3), 2103–2116. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.20.187>.

32. Жемела Г. П., Сидоренко А. В., Кулик М. І. Роль погодних факторів у поліпшенні якості зерна пшениці озимої. *Вісник полтавської державної аграрної академії*, 2007. Вип. № 2, С. 16–22.

33. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревинна біомаса / [Г. Г. Гелетука,

Т. А. Железна, М. М. Жовмір та ін.]. *Промислова теплотехніка*, 2010, т. 32, № 6, С. 58–65.

34. Wrzaszcz, W., Prandecki, K. Agriculture and the European Green Deal. *Problems of Agronomic Economics*, 2020, 4, 156–179. doi: 10.30858/zer/131841.

35. Simão, L. M., Cruppe, G., Michaud, J. P., et al. Beyond grain: Agronomic, ecological, and economic benefits of diversifying crop rotations with wheat. *Advances in Agronomy*, 2024, 186, 51–112. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.02.007>.

36. Mitura, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Szablewski, T., Studnicki, M. Yield and Grain Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) Depending on the Different Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). *Plants (Basel)*, 2023, 12(5), 1022. doi: 10.3390/plants12051022.

37. Лихочвор В. В. Роль кушення пшениці озимої у підвищенні продуктивності рослин. *Вісник аграрної науки*, 2001, № 7, С. 20–22.

38. Реєстр сортів рослин України. Київ: Міністерство аграрної політики та продовольства України. Інтернет-видання. URL: <http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy> (дата звернення: 28.03.2025).

39. Довгаль Л. П. Пшениця. Інтенсивна технологія вирощування. Київ: Урожай, 1997. 124 с.

40. Моргун В. В., Санін Є. В., Швартоу В. В., Артемчук І. Л. Сорти та технології вирощування високих врожаїв озимої пшениці. Київ: Догос, 2009. 93 с.

41. Кулик М. І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Гайдай А. О. Мінливість елементів структури врожаю та врожайність сортів пшениці озимої залежно від передпосівного калібрування насіннєвого матеріалу. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. Вип. 5 (87). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.007>.

42. Шевченко О. О. Вологозабезпеченість, забур'яненість та урожайність озимої пшениці при розміщенні її в сівозмінах на різних фонах добрив і обробітку ґрунту. Бюл. Інституту зернового господарства. 2001. Вип. № 15-16. С. 105–109.

43. Кулик М. І., Онопрієнко О. В., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Урожайність сортів пшениці м'якої (озимої) залежно від системи удобрення. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсон : Видавничий дім «Гельветика». 2020. Вип. 114. С. 55–62. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.8>.

44. Уліч Л. І., Лисикова В. М. Сорт озимої пшениці для інтенсивних технологій. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 3. С. 103–107.

45. Дикий В. В. Випробування нових селекційно-насінницьких розробок і впровадження їх у виробництво. Посібник українського хлібороба. 2012. С. 72–73.

46. Лисікова В. Кращі сорти продовольчої пшениці. Пропозиція. 2012. Вип. № 8. С. 44–47.
47. Волкодав В. В., Ключко А. А., Сливченко О. А. та ін. Сортозаміна. Що гальмує освоєння на українських полях нових сортів і гібридів. Насінництво. 2004. № 3. С. 1–3.
48. Жемела Г. П. Агротехнічні фактори поліпшення якості зерна пшениці озимої. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2005. Т. 4. (23). С. 115–119.
49. Зінченко О. С., Ведмедева К. В., Якубенко О. В. Пластичність, стабільність та мінливість сортів сої за господарсько-цінними ознаками у екологічному сортовипробуванні. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2018. № 25. С. 50–60.
50. Мазур О. В., Мазур О. В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 12. С. 69–86.
51. Іванів М. О., Возняк В. В. Біометричні показники та урожайність сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 68–76. doi: 10.32851/2226-0099.2023.130.11
52. Sareo H., Devi H. N., Devi T. H. R. et al. Genetic diversity analysis among soybean (*Glycine max*) genotypes based on agro morphological characters. Indian Journal of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 88, Iss. 12. P. 1839–1842.
53. Korenko M., Bulgakov V., Kurylo V., Kulyk M., Kalinichanko A., Ihnatiev Y., Matušeková E. Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. Acta Technologica Agriculturae, 2021. 24 (1) : 41–47. DOI: <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>
54. Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S. Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. Acta Agrobot. 2019, 72 (3): 1786. URL: <https://doi.org/10.5586/aa.1786>
55. Кулик М. І., Сиплива Н. О. Рівень врожайності проса прутоподібного залежно від сорту та строку збирання. Таврійський науковий вісник. Вип. 107. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 93–100.
56. Недільська У. І. Ріст, розвиток та урожайність проса прутоподібного (світчграссу). Таврійський науковий вісник. 2021. № 118. С. 133–137. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.16>
57. Енергетичні культури: сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колективна монографія / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: “Астрія”, 2023. 220 с.
58. Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. Біоенергетика, 2019. Вип. 1. С. 16–18.

59. Kulyk M., Kurylo V., Pryshliak N., Pryshliak V. Efficiency of Optimized Technology of Switchgrass Biomass Production for Biofuel Processing. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2020. [S. 1.], v. 11, n. 1: 173-185, doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1\(41\).20](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.1(41).20).

60. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.

61. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 342 с.

62. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0: методичні рекомендації. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

Information about the authors:

Kopeletz Bohdan Volodymyrovych,

Postgraduate Student at the Department of Breeding,
Seed Production and Genetics,
Poltava State Agrarian University
1/3, Skovorody str., Poltava, 36007, Ukraine

Koval Dmytro Oleksandrovych,

Postgraduate Student at the Department of Breeding,
Seed Production and Genetics,
Poltava State Agrarian University
1/3, Skovorody str., Poltava, 36007, Ukraine

Kulyk Maksym Ivanovych,

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Breeding, Seed Production and Genetics,
Poltava State Agrarian University
1/3, Skovorody str., Poltava, 36007, Ukraine