

захист від світла та належні властивості упаковки. Практичним результатом огляду є визначення параметрів, які доцільно включати до обліку виробничих партій і перевіряти разом з аналітичними характеристиками продукції. Подальшої експериментальної перевірки потребують конкретні поєднання режимів сушіння й упаковки для шафрану українського походження, а також їхня енергоефективність і вплив на стабільність якості.

Література

1. Hemmati Kakhki A. Processing, chemical composition and the standards of saffron. Saffron (*Crocus sativus*): Production and Processing / ed. by M. Kafi, A. Koocheki, M. H. Rashed, M. Nassiri. Boca Raton : CRC Press, 2010. P. 169–220.
2. Михайленко О. О. Дослідження біологічно активних речовин приймочок крокусу посівного (шафрану) з України. *Фармацевтичний журнал*. 2019. Т. 74, № 6. С. 70–76. DOI: 10.32352/0367-3057.6.19.08.
3. Lachguer K., Boudadi I., Lachheb M., Beraouz I., El Merzougui S., Ben El Caid M., Lagram K., Serghini M. A. Saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation and properties: a review. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 2025. Vol. 12, No. 2. P. 627–646. DOI: 10.22059/ijhst.2024.377028.855.
4. Михайленко О. О., Котов А. Г., Котова Е. Е., Сіра Л. М., Ковальов В. М., Георгіянц В. А. Розробка методик стандартизації приймочок крокусу посівного (шафран) для внесення у проєкт монографії Державної фармакопеї України. *Журнал органічної та фармацевтичної хімії*. 2021. Т. 19, вип. 1 (73). С. 32–41. DOI: 10.24959/ophcj.21.179933.

ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ СТРЕСІВ

Сидякіна О. В., к. с.-г. н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Кропивницький, Україна

Сучасне сільськогосподарське виробництво функціонує в умовах зростання мінливості погодних чинників, що обумовлює необхідність перегляду традиційних підходів до технологій вирощування культур. Кліматичні зміни проявляються не лише поступовим підвищенням середньорічної температури, а і збільшенням частоти та тривалості екстремальних явищ – посух, хвиль спеки, нерівномірного випадіння опадів, інтенсивних злив, суховіїв, пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків. Для аграрного виробництва особливо небезпечним є поєднання дефіциту вологи з високою температурою повітря. Комплексна взаємодія теплового та водного стресів істотно посилює негативний вплив на фізіологічні процеси рослин і продуктивність посівів [1, 2].

Для України проблема кліматичної адаптації агровиробництва набуває особливої актуальності. Просторово-часова неоднорідність опадів, тривалі бездошові періоди, високі температури у весняно-літній період та зростання частоти погодних аномалій безпосередньо впливають на формування сталих рівнів урожайності вирощуваних культур [3, 4].

За таких умов агротехнології мають забезпечувати не лише реалізацію генетичного потенціалу вирощуваних культур, а і знижувати чутливість посівів до стресових чинників навколишнього середовища. З огляду на це, актуальності набуває перехід від орієнтації виключно на максимальні рівні врожайності до створення технологій з високою адаптивністю, ресурсоефективністю та сталою продуктивністю в широкому діапазоні погодних умов [5, 6].

Одним із основних напрямів адаптації є обґрунтований добір сортів і гібридів. Генетично обумовлені відмінності між генотипами проявляються у здатності рослин формувати потужну кореневу систему, ефективно використовувати ґрунтову вологу та поживні речовини, здійснювати активну фотосинтетичну діяльність, а також відновлювати фізіологічні функції після короточасних впливів стресових чинників. У нестабільних кліматичних умовах перевагу доцільно надавати не лише високопродуктивним, але й адаптивним сортам і гібридам, здатним забезпечувати сталу продуктивність за дефіциту вологи та підвищених температур. Для України селекція на посухо- і жаростійкість є одним із перспективних напрямів кліматично орієнтованого землеробства [7].

Важливим агротехнологічним прийомом є оптимізація строків сівби. Зміна температурного режиму впродовж вегетаційного періоду може прискорювати проходження окремих фенологічних фаз і зміщувати періоди максимального водоспоживання. Коригування строків сівби дозволяє частково уникнути збігу найбільш чутливих фаз розвитку рослин з екстремально високими температурами або дефіцитом вологи. Водночас строки сівби не слід розглядати ізольовано від інших технологічних чинників. Їх ефективність визначається культурою, сортом або гібридом, температурою ґрунту, запасами продуктивної вологи, системою живлення, густотою посіву та прогнозованими погодними умовами. Тому перспективним є застосування адаптивних строків сівби, встановлених не лише за календарною датою, а і за сукупністю агрометеорологічних показників [8].

Не менш важливою є густина стояння рослин. Надмірне загущення посівів за умов дефіциту вологи посилює конкуренцію між рослинами за воду та поживні речовини, збільшує транспіраційні витрати та прискорює виснаження запасів ґрунтової вологи. З іншого боку, надмірне зрідження посівів знижує ефективність використання площі живлення та потенціал формування врожаю. Тому оптимальну густоту необхідно встановлювати диференційовано – з урахуванням біологічних особливостей культури, сорту або гібриду, рівня родючості ґрунту, вологозабезпечення та очікуваних погодних умов [5, 9].

У сучасних умовах доцільно застосовувати поняття адаптивної густоти посіву, яку коригують для конкретного поля. За достатніх запасів продуктивної

вологи або регульованого вологозабезпечення густота може бути вищою, а в посушливих умовах її доцільно знижувати. Такий підхід зменшує внутрішньовидову конкуренцію та підвищує ефективність використання обмежених ресурсів [10].

Особливого значення за кліматичних стресів набуває оптимізація водного режиму посівів. Дефіцит води зменшує продишову провідність, обмежує надходження вуглекислого газу до листків, знижує інтенсивність фотосинтезу, порушує транспортування асимілянтів та елементів живлення. Унаслідок цього скорочується період активної роботи листкового апарату та погіршується формування генеративних органів [1].

Важливим напрямом адаптації є збереження ґрунтової вологи. Раціональний обробіток ґрунту, залишення рослинних решток на поверхні, мульчування, мінімізація проходів техніки та запобігання надмірному ущільненню ґрунту забезпечують формування сприятливого водно-повітряного режиму. Конкретну систему обробітку слід обирати з урахуванням типу і гранулометричного складу ґрунту, запасів вологи, кількості рослинних решток та погодних умов.

Перспективним є поєднання традиційних агротехнологічних заходів із принципами ґрунтозберігаючого та ресурсозберігаючого землеробства. Систематичне застосування таких прийомів зменшує випаровування, підвищує водоутримувальну здатність ґрунту та покращує його структурний стан. Дослідження кліматично орієнтованих технологій свідчать, що комплекс адаптаційних заходів, зазвичай, є більш ефективним, ніж будь-який окремий агроприйом [5, 6].

Важливою складовою адаптивної технології є оптимізація мінерального живлення. Збалансоване забезпечення рослин азотом, фосфором, калієм і мікроелементами підтримує ріст, фотосинтез, водний баланс та формування врожаю за несприятливих погодних умов.

Особливого значення в умовах водного дефіциту набуває калій, який бере участь у регуляції продишового апарату, підтриманні водного балансу та роботі ферментативних систем. Достатнє калійне живлення підвищує стійкість рослин до несприятливих умов, проте надлишкове внесення добрив не є універсальним способом адаптації. Ефективність системи живлення залежить від забезпеченості ґрунту елементами, біологічних потреб культури та співвідношення поживних речовин [11].

Окремої уваги потребує азотне живлення. Надлишок азоту стимулює формування надмірної вегетативної маси та підвищує потребу рослин у воді, його нестача – обмежує розвиток фотосинтетичного апарату і продуктивність. За нестабільного зволоження доцільно застосовувати диференційоване внесення азотних добрив з урахуванням запасів мінерального азоту в ґрунті, запланованого рівня врожайності та погодних умов [12].

У сучасних системах землеробства перспективним є точне та диференційоване живлення, за якого дози добрив визначають з урахуванням просторової неоднорідності ґрунтових властивостей і потреб рослин. Це

підвищує ефективність використання добрив і зменшує непродуктивні витрати ресурсів. Точне управління живленням є важливою складовою продуктивності та адаптивності агроєкосистем [5, 6, 11, 12].

Важливою складовою адаптивної технології є також позакореневе живлення та використання біостимуляторів, особливо у періоди, коли функціонування кореневої системи обмежується дефіцитом вологи. Проте ці заходи доцільно розглядати як доповнення до оптимальної системи ґрунтового живлення, а не як її заміну. Ефективність позакореневих обробок значною мірою залежить від строків застосування, температури, вологості повітря, стану рослин та забезпеченості основними елементами живлення.

Окремим напрямом адаптації є регулювання структури посіву та площі живлення рослин. Зменшення конкуренції за воду та елементи живлення сприяє підтриманню фізіологічної активності рослин у посушливі періоди, але надмірне зрідження посівів призводить до неповного використання сонячної радіації та зниження потенціалу продуктивності. Тому оптимальне співвідношення густоти, площі листової поверхні та ресурсного забезпечення необхідно встановлювати для кожної культури та конкретних ґрунтово-кліматичних умов [10].

Важливо також враховувати взаємодію кліматичних стресів із фітосанітарним станом посівів. Зміни температури та вологості впливають на поширення шкідників і збудників хвороб, а ослаблені посухою рослини меншою мірою спроможні до відновлення. Тому адаптивна технологія повинна передбачати інтегрований захист рослин, регулярний моніторинг посівів і прийняття рішень за фактичного рівня загрози [13].

Вирішальне значення має своєчасність проведення технологічних операцій. За нестабільної погоди календарний підхід до польових робіт часто є недостатньо ефективним. Механічний обробіток надмірно вологого ґрунту може призвести до його ущільнення, а обробіток надмірно сухого ґрунту – посилити втрати вологи. Внесення добрив і застосування засобів захисту також необхідно узгоджувати з прогнозом погоди та фізіологічним станом рослин. Для цього доцільно використовувати агрометеорологічний моніторинг і цифрові технології. Дані про температуру, опади, запаси ґрунтової вологи, прогноз екстремальних погодних явищ, стан посівів і супутникові індекси дозволяють своєчасно коригувати технологічні операції та переходити від стандартних схем до гнучкого управління посівами [14].

Узагальнюючи основні напрями адаптації, можна виділити декілька взаємопов'язаних блоків: генетичний, агротехнічний, водогосподарський, агрохімічний, фітосанітарний та інформаційно-аналітичний (рис. 1). Генетичний блок передбачає використання адаптивних сортів і гібридів; агротехнічний – оптимізацію строків сівби, густоти рослин та обробітку ґрунту; водогосподарський – збереження та ефективне використання вологи; агрохімічний – збалансоване живлення; фітосанітарний – інтегрований захист рослин; інформаційно-аналітичний – моніторинг погодних умов і стану посівів. Саме комплексна оптимізація зазначених складових є найперспективнішим

шляхом зменшення негативного впливу кліматичних стресів. Концепція кліматично орієнтованого сільського господарства передбачає одночасне підвищення продуктивності, стійкості агровиробництва до кліматичних змін і ефективності використання природних ресурсів [5, 6].



Рис. 1. Комплексна взаємопов'язана система адаптації агровиробництва до кліматичних стресів

Для умов України особливо актуальним є диференційований підхід до вибору адаптаційних заходів залежно від природно-кліматичної зони. У Степу першочергового значення набувають заходи зі збереження вологи, оптимізації густоти посівів, добору посухостійких генотипів та раціонального використання зрошення. У Лісостепу важливими є регулювання строків сівби, оптимізація живлення та управління надлишком і дефіцитом вологи. На Поліссі, де посушливі періоди можуть чергуватися з перезволоженням, водорегулювання необхідно поєднувати з адаптацією строків технологічних операцій.

Сучасні дослідження переходять від загальної оцінки наслідків кліматичних змін до обґрунтування конкретних технологічних рішень для окремих культур і регіонів України. Зокрема, моделювання вирощування пшениці озимої в Південному Степу дозволяє оптимізувати технологію з урахуванням майбутніх кліматичних сценаріїв, посушливості та режимів зрошення [15].

Адаптивну агротехнологію доцільно розглядати як динамічну систему управління, в якій технологічні рішення коригують залежно від фактичного стану ґрунту, рослин і прогнозованих погодних умов. Її метою є не повне усунення впливу кліматичних стресів, що практично неможливо, а зниження їх негативної дії та забезпечення максимально можливої продуктивності (рис. 2).



Рис. 2. Циклічна система управління агротехнологіями

Таким чином, кліматичні зміни обумовлюють перехід від традиційних технологій вирощування до адаптивних агротехнологічних систем, здатних підтримувати стабільну продуктивність за дефіциту вологи, високих температур та інших екстремальних погодних умов. Основними напрямками адаптації є оптимізація строків сівби, густоти рослин, обробітку ґрунту, водного і поживного режимів, а також використання сортів і гібридів із підвищеною стійкістю до абіотичних стресів. Ефективність кожного прийому залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Тому окремі заходи доцільно поєднувати з регулярним агрометеорологічним і фітосанітарним моніторингом та оперативним коригуванням технологічних операцій. Оптимізація агротехнологічних прийомів є практичним інструментом адаптації рослинництва до кліматичних змін. Її результативність слід визначати за стабільністю врожаю, ефективністю використання води і добрив, економічними показниками та екологічним навантаженням.

Література

1. Cotrina Cabello G. G., Ruiz Rodriguez A., Gondal A. H. et al. Plant adaptability to climate change and drought stress for crop growth and production. *CABI Reviews*. 2023. DOI: 10.1079/cabireviews.2023.0004.
2. Anderson W., Rigden A. J., Coast O. et al. Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2022. Vol. 3. P. 872–889. DOI: 10.1038/s43017-022-00368-8.
3. Fang M., Jin S., Deininger K., Gammans M. Heterogenous climate im-pacts on crop yields: evidence from Ukraine. *Environmental Research Communications*. 2023. Vol. 5, No. 10. P. 105015. DOI: 10.1088/2515-7620/acde36.
4. Balabukh V. O., Dovhal H. P., Semeniuk I. V., Yahodynets S. M. Weather anomalies as a factor of agroclimatic risks for Ukraine’s agriculture under climate change. *Agricultural Science and Practice*. 2026. Vol. 13, No. 2. P. 34–50. DOI:

10.15407/agrisp13.02.034.

5. Begna T., Wakweya R. B. Mitigating climate change impacts on food security via climate-smart agriculture. *Plant Stress*. 2026. Vol. 19. P. 101152. DOI: 10.1016/j.stress.2025.101152.

6. Mengistie B. T., Ray R. L. Global dynamics of climate smart agricultural practices and technologies: Recent advancements, challenges and potential future pathways – A review. *Agricultural Systems*. 2026. Vol. 231. P. 104570. DOI: 10.1016/j.agry.2025.104570.

7. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Базалій Г. Г. та ін. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2024. 244 с.

8. Dadrasi A., Soltani E., Makowski D., Lamichhane J. R. Does shifting from normal to early or late sowing dates provide yield benefits? A global meta-analysis. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 318, No. 1. P. 109600. DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109600.

9. Yang X., Sun S., Li H. et al. Optimizing fertilizer and planting density to stabilize yields and improve water use efficiency in rain-fed wheat–maize rotations. *European Journal of Agronomy*. 2026. Vol. 173. P. 127916. DOI: 10.1016/j.eja.2025.127916.

10. Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Формування якості зерна гібридів кукурудзи марки DEKALB залежно від густоти стояння рослин та позакоренових підживлень мікродобривами. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 89–94. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.32.14.

11. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В. Калійне живлення і його баланс в Україні та країнах світу. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Ч. 1. С. 38–49. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.1.6.

12. Gamayunova V., Sydiakina O. The problem of nitrogen in modern agriculture. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27. № 3. P. 46–61. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2023.46.

13. Heeb L., Jenner E., Cock M. J. W. Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. *Journal of Pest Science*. 2019. Vol. 92. P. 951–969. DOI: 10.1007/s10340-019-01083-y.

14. Weiss M., Jacob F., Duveiller G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 236. P. 111402. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111402.

15. Жигайло Т. С., Жигайло О. Л. Оптимізація вирощування пшениці озимої з урахуванням сценарію RCP8.5 в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2026. № 36. С. 113–119. DOI: 10.32848/agrar.innov.2026.36.16.