

РОЛЬ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ У ПІДВИЩЕННІ ВОДО- ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ ТА ПІСЛЯВОЄННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Галєєва А.П., канд. пед. наук, доцентка
Миколаївський національний аграрний університет
<https://orcid.org/0009-0002-5499-8665>

Анотація: У роботі проаналізовано роль адаптивних систем крапельного зрошення як ефективного засобу підвищення водо- та енергоефективності аграрного виробництва в умовах кліматичної нестабільності та повоєнного відновлення України. Обґрунтовано доцільність переходу від традиційного поливу до прецизійних технологій через зростання дефіциту вологи, особливо в степових регіонах, зокрема на Миколаївщині. Визначено основні переваги крапельного зрошення: економію води, ефективну фертигацію та захист ґрунтів від деградації. Висвітлено перспективи використання IoT-технологій і машинного навчання для автоматизації режимів поливу. Підкреслено стратегічне значення крапельного зрошення для відновлення аграрної інфраструктури України.

Ключові слова: зрошення, крапельне зрошення, адаптивні системи поливу, меліорація земель, водні ресурси, кліматичні зміни, агроєкосистеми, ресурсозбереження, цифрові технології, аграрний сектор України.

Глобальне потепління та зростання частоти екстремальних погодних явищ поставили водопостачання сільського господарства в центр сучасної аграрної науки. У степових та лісостепових зонах України, де річна кількість опадів часто залишається нижче 400-450 мм і нерівномірно розподіляється протягом вегетаційного періоду, зрошення давно перестало бути додатковим агрономічним заходом і стало необхідною умовою для отримання надійних врожаїв. Проблема особливо гостро стоїть у Миколаївській, Херсонській та Одеській областях, де дефіцит продуктивної вологи ґрунту регулярно фіксується вже у квітні-травні, а втрати врожаю без зрошення можуть сягати 50-70% для певних видів.

Меліорація земель, як спосіб покращення агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів, традиційно розглядався у двох взаємопов'язаних вимірах: підвищення родючості та запобігання деградації земель. Сучасна проблематика в меліоративній науці зміщується від масштабних інженерних рішень минулого до точних, екологічно орієнтованих технологій сьогодення. Серед найперспективніших напрямків у цьому контексті є адаптивне крапельне зрошення, яке поєднує точну подачу води до рослин з мінімальним порушенням структури ґрунту та навколишнього середовища в цілому.

За даними Українського гідрометеорологічного центру, середня температура повітря в Україні за останні три десятиліття зросла на 1,2–1,5°C,

подовжилися посушливі періоди в літній сезон, а інтенсивність опадів збільшилася, тоді як загальна кількість опадів за вегетаційний період зменшилася. Миколаївська область характеризується поєднанням низьких показників вологості (гідротермічний коефіцієнт 0,5–0,7) та піщаних або суглинистих ґрунтів з поганою вологоутримуючою здатністю. За таких умов навіть незначний дефіцит вологи протягом критичних фенологічних фаз призводить до суттєвого зниження врожайності.

За цих умов зрошення перетворилося з допоміжного агрономічного заходу на системоутворюючий елемент технологій виробництва польових та овочевих культур на півдні України. Однак ефективність зрошення визначається не лише обсягом введеної води, але й точністю її розподілу в часі та просторі, а також мінімізацією непродуктивних втрат. Серйозною проблемою залишається стан іригаційної інфраструктури: за оцінками Інституту водних проблем та меліорації НААН, понад 60% міжгосподарських та внутрішньогосподарських розподільчих мереж потребують капітального ремонту або повної заміни, а руйнування, пов'язані з війною, лише поглибили цю кризу.

Традиційні системи поверхневого зрошення та широкомасштабні дощувальні системи мають значні недоліки: їхня ефективність використання води рідко перевищує 50-60%, а значна частина вологи втрачається через поверхневий стік, глибоке просочування та пряме випаровування. Крім того, дощувальне зрошення за сильних вітрів, типових для Миколаївської області, призводить до нерівномірного розподілу вологи та сприяє поширенню грибкових захворювань. Крапельне зрошення, навпаки, принципово переосмислює логіку водопостачання: вода потрапляє до кореневої зони в точно дозованих кількостях, відкаліброваних відповідно до поточних фізіологічних потреб рослини, які визначаються стадією росту, температурою повітря та ґрунту, а також вологістю навколишнього середовища.

Адаптивні системи крапельного зрошення забезпечують низку агрономічних та ресурсозберігаючих переваг. Ефективність використання зрошувальної води досягає 92-95%, що майже вдвічі перевищує ефективність дощувальних систем. Відсутність поверхневого зволоження в міжрядних проміжках значно пригнічує ріст бур'янів та обмежує поширення ґрунтових патогенів. Рівномірне, локалізоване постачання вологи покращує аерацію в кореневій зоні, підтримує оптимальну мікробну активність ґрунту та запобігає ущільненню та вторинному засоленню. Підхід фертигації – одночасне внесення розчинних добрив з поливною водою – підвищує ефективність поглинання поживних речовин рослинами до 85-90%, порівняно з не більше ніж 40-50%, що досягається за допомогою поверхневого розкидного внесення.

Найважливішою особливістю сучасних систем крапельного зрошення є їхня здатність до інтеграції з цифровими технологіями точного землеробства. Об'ємні датчики вологості ґрунту, встановлені на різних глибинах, у поєднанні з локальними метеостанціями та програмними контролерами дозволяють створювати індивідуальні графіки поливу для кожної зони поля в режимі реального часу.

Список використаної літератури

1. Romashchenko, M. I., Bohaienko, V. O., Matiash, T. M., Shatkovskiy, A. P., Kolomiets, S. M., & Danylenko, Yu. V. (2024). Conceptual principles of water resources management in irrigated agriculture. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 385, 111–115. <https://doi.org/10.5194/piahs-385-111-2024>.
2. Kalilei, V. V., Shatkovskiy, A. P., & Retman, M. S. (2023). Drip irrigation regimes and efficiency of water use by sunflower hybrids. *Меліорація і водне господарство*, 1, 45–56. <https://doi.org/10.31073/mivg202301-357>.
3. Shcherbatiuk, M. V., & Shatkovskiy, A. P. (2025). Soil water regime and potato yield under different irrigation methods in the Polissya region of Ukraine. *Меліорація і водне господарство*, 2, 22–31. <https://doi.org/10.31073/mivg202502-424>.
4. Rosa, L., Ragetti, S., Sinha, R., Zhovtonog, O., Yu, W., & Karimi, P. (2024). Regional irrigation expansion can support climate-resilient crop production in post-invasion Ukraine. *Nature Food*, 5, 684–692. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01017-7>.
5. Vaddula, Y., & Singh, K. (2023). Progression of drip irrigation and fertigation in cotton across the globe and its future perspectives for sustainable agriculture: an overview. *Applied Water Science*, 13, Article 177. <https://doi.org/10.1007/s13201-023-01986-3>
6. Jaiswal, N., Vijay Kumar, T., & Shukla, C. (2025). Smart drip irrigation systems using IoT: a review of architectures, machine learning models, and emerging trends. *Discover Agriculture*, 3, Article 253. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00430-1>.
7. Ravikumar, V. (2023). *Sprinkler and drip irrigation: theory and practice*. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2775-1>.
8. Kunt, Y. E. (2025). Development of a smart autonomous irrigation system using IoT and AI. arXiv preprint, arXiv:2506.11835. <https://arxiv.org/abs/2506.11835>.

Abstract: The paper analyzes the role of adaptive drip irrigation systems as an effective means of increasing water and energy efficiency of agricultural production in conditions of climate instability and post-war reconstruction of Ukraine. The feasibility of transitioning from traditional irrigation to precision technologies is substantiated due to the growing moisture deficit, especially in steppe regions, in particular in the Mykolaiv region. The main advantages of drip irrigation are identified: water saving, effective fertigation and soil protection from degradation. The prospects for using IoT technologies and machine learning to automate irrigation regimes are highlighted. The strategic importance of drip irrigation for the restoration of Ukraine's agricultural infrastructure is emphasized.

Keywords: irrigation, drip irrigation, adaptive irrigation systems, land reclamation, water resources, climate change, agroecosystems, resource conservation, digital technologies, agricultural sector of Ukraine.