

УДК 631.95:581.524.35:631.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.4>

## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ ДО ПОСУХИ

**Баранський Д.В.** – старший викладач кафедри агрохімії та ґрунтознавства,  
Львівський національний університет природокористування

**Глеваський В.І.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри генетики, селекції і насінництва,

Білоцерківський національний аграрний університет

**Ілюк Н.А.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри мікробіології, сучасних біотехнологій, екології та імунології,

Інститут біомедичних технологій Відкритого міжнародного університету

розвитку людини «Україна»

Стаття присвячена питанням стійкості агросистем до посухи. Посуха – природне кліматичне явище, яке характеризується хронічним дефіцитом опадів, що призводить до нестачі води для рослин, тварин і людини. В останні десятиліття частота й інтенсивність глобальних посух значно зросла через зміну клімату і стала серйозною загрозою для сільського господарства. Сільське господарство є одним із секторів економіки, найбільш уразливих до посухи, оскільки безпосередньо залежить від наявності води. Метою статті є аналіз сучасних інноваційних методів і технологій, спрямованих на підвищення стійкості агроєкосистем до посухи в умовах зміни клімату. Нестача вологи в Україні – значна еколого-економічна проблема, яка має серйозні наслідки для сільського господарства країни. Україна як одна з найбільших аграрних країн Європи в останні десятиліття стикається з дедалі більшою частотою та серйозними проблемами щодо посухи через зміну клімату. Інноваційні методи підвищення стійкості сільськогосподарських екосистем до нестачі вологи мають велике значення для сталого розвитку сільського господарства та сільськогосподарських систем. Їх використання допомагає зменшити негативний вплив посухи на врожайність, забезпечує стабільну продовольчу безпеку та сприяє економічній стійкості фермерів. Визначено, що інтеграція технологій точного землеробства з новими біологічними агентами може стати вирішальним фактором сталого розвитку сільського господарства в умовах зміни клімату. Такий підхід дозволяє максимально ефективно використовувати доступні ресурси, зберігати продуктивність ґрунтів і забезпечувати стабільність урожайності навіть в умовах частих посух. Зазначено, що поєднання різних методів на основі конкретних умов у різних регіонах є необхідним кроком для підвищення стійкості сільського господарства до нестачі опадів. Конвергенція технологій точного землеробства та розробка нових біопрепаратів створюють перспективи для майбутнього сталого та ефективного сільського господарства.

**Ключові слова:** управління водними ресурсами, адаптація сільського господарства, екологічне землеробство, зневоднення ґрунту, кліматичні зміни.

**Baranskiy D.V., Hlevaskiy V.I., Iliuk N.A. Innovative methods of increasing the resilience of agroecosystems to drought**

The article is devoted to issues of drought resistance of agricultural systems. Drought is a natural climatic phenomenon characterized by a chronic lack of precipitation, which leads to a lack of water for plants, animals, and humans. In recent decades, the frequency and intensity of global droughts have increased significantly due to climate change and have become a serious threat to agriculture. Agriculture is one of the economic sectors most vulnerable to drought, as it is directly dependent on the availability of water. The purpose of the article is analysis of modern innovative methods and technologies aimed at increasing the resilience of agroecosystems to drought in the face of climate change. Drought in Ukraine is a serious ecological and economic problem that has serious consequences for the country's agriculture. Ukraine is one of the largest agricultural countries in Europe, and the agricultural sector is an important part of its

*economy. However, in recent decades, China has faced increasingly frequent and severe drought problems due to climate change. Innovative methods of increasing the resilience of agricultural ecosystems to drought are of great importance for the sustainable development of agriculture and agricultural systems. Their use helps to reduce the negative impact of drought on productivity, ensures stable food security and contributes to the economic sustainability of farmers. It was determined that the integration of precision farming technologies with new biological agents can become a decisive factor in the sustainable development of agriculture in the face of climate change. Such an approach allows for the most efficient use of available resources, preserving soil productivity and ensuring yield stability even in conditions of frequent droughts. It is noted that the combination of different methods based on the specific conditions of different regions is a necessary step to increase the resilience of agriculture to drought. The convergence of precision agriculture technologies and the development of new biological preparations creates prospects for the future of sustainable and efficient agriculture.*

**Key words:** *water management, agricultural adaptation, ecological farming, soil drainage, climate change.*

**Постановка проблеми.** Посуха є природним кліматичним явищем, яке характеризується тривалим дефіцитом опадів, що призводить до нестачі води для рослин, тварин і людей. В останні десятиліття, у зв'язку зі змінами клімату, частота й інтенсивність посух у світі значно зросли, що стало серйозною загрозою для землеробства. Сільське господарство є одним з найбільш уразливих секторів економіки до недостатньої кількості опадів, оскільки безпосередньо залежить від доступності води.

Бездощів'я має багатогранний негативний вплив на агроєкосистеми. Насамперед це призводить до зниження врожайності культур через стрес, спричинений дефіцитом води. Рослини, що зазнають водного стресу, погано розвиваються, у них порушуються процеси фотосинтезу та знижується ефективність поглинання поживних речовин із ґрунту. Це призводить до зменшення розмірів рослин і врожаю, а в екстремальних випадках – до повної загибелі посівів.

Крім прямого впливу на врожайність посуха також впливає на родючість ґрунтів. Умови тривалого дефіциту води спричиняють деградацію ґрунтової структури, зниження вмісту органічних речовин та ерозію. Відсутність рослинного покриву та обмежена кількість води можуть призвести до того, що ґрунт стане більш вразливим до вітрової й водної ерозії, що ще більше призведе до зниження продуктивності та ускладнить його відновлення у майбутньому.

Посуха також впливає на біорізноманіття агроєкосистем. Тривала відсутність води може призвести до зменшення чисельності корисних комах, мікроорганізмів та інших живих організмів, які відіграють важливу роль у підтримці здоров'я ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських культур. Це, своєю чергою, впливає на екологічну стабільність та продуктивність агроєкосистем, знижуючи їх здатність до відновлення після стресових умов.

З огляду на ці виклики, стає очевидним, що для забезпечення продовольчої безпеки і сталого розвитку сільського господарства необхідно впроваджувати інноваційні методи та технології, спрямовані на підвищення стійкості агроєкосистем до посухи. Вони включають у себе як генетичну селекцію нових сортів рослин, стійких до водного дефіциту, так і адаптацію новітніх агротехнологій, що дозволяють ефективніше використовувати водні ресурси.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями питань впливу посухи на агрокомплекс займалися багато науковців. Зокрема, цим питанням були присвячені праці В. Мазура і його колег [1], Дж. Ву та співавторів [2], В. Михайленка і Т. Сафранова [3] та інших. Теоретичним питанням наслідків посухи в різних

країнах увагу приділили К. Бхарамбе та його колеги [4], Х. Нгуен, С. Костелло та А. Томпсон [5], К. Сян і співавтори [6] та інші.

Українські науковці Р. Вожегова, П. Лиховид та О. Рудік [7] присвятили свою працю дослідженню застосування Agricultural Stress Index (ASI) для динамічного оцінювання посухи на орних землях. До прикладу, Л. Фаувен із колегами [8] вважають, що посуха стримується не тільки природними факторами, такими як метеорологія та підстилаюча поверхня, а й діяльністю людини.

Дане трактування поглиблюють А. Алхаліді та співавтори [9] за рахунок узагальнення особливостей інноваційних технік для стійкості систем до посухи. Тоді як К. Прокопенко аналізує актуальні виклики, що стоять перед Україною в умовах розвитку загрози посухи [10]. Л. Молдаван з колегами [11] досліджували сталий розвиток сільського господарства в Україні в контексті зміни клімату. А А. Польовий зі співавторами [12] вважають, що глобальні кліматичні зміни призвели до істотного підвищення температури повітря, зміни режиму опадів і збільшення посух в Україні. В. Михайленко та Т. Сафранов указують на те, що однією з причин, які викликають посуху, слугує автомобільний транспорт, який є одним з основних джерел надходження в довкілля стійких органічних забруднювачів [3]. Незважаючи на численні дослідження та публікації, ситуація з інноваційними методами і технологіями, спрямованими на підвищення стійкості агроєкосистем до посухи в умовах зміни клімату, потребує більш глибокого та конкретного аналізу.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз сучасних інноваційних методів і технологій, спрямованих на підвищення стійкості агроєкосистем до посух в умовах зміни клімату.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Посухи стали одним із найсерйозніших стихійних лих у світі. Зміна клімату збільшує частоту і тривалість посух, становить серйозний ризик для сільськогосподарських систем, особливо в регіонах, які потребують дощів для зрошення сільськогосподарських культур [8].

За даними ФАО, за останні 30 років унаслідок стихійних лих було втрачено врожай і тваринницьку продукцію майже на 3,8 трильйона доларів, що відповідає середній втраті 123 мільярди доларів на рік, або 5% річного світового валового внутрішнього продукту сільського господарства [13]. Найбільше постраждали регіони Африки, Азії та Латинської Америки, де сільське господарство часто залежить від дощів і де ресурси для боротьби з посухою обмежені (табл. 1).

У посушливі роки врожайність таких культур, як пшениця, кукурудза, соя та рис, істотно знижується. Це зумовлене тим, що недостатня кількість води під час критичних фаз росту рослин призводить до зменшення натюри та маси 1000 насінин. Посуха сприяє ерозії ґрунтів, особливо на територіях, де немає достатньої рослинності. Під впливом вітру та води відбувається вивітрювання верхнього родючого шару, що знижує здатність ґрунту утримувати воду й поживні речовини. В багатьох регіонах, які страждають від нестачі опадів, рівень підземних вод значно знижується через надмірне використання їх для зрошування. Це призводить до дефіциту води для майбутнього використання і може спричинити довгострокові проблеми з водопостачанням.

За даними ASI, найпосушливішими роками були 1986, 2007 та 2003, коли від посухи постраждало, відповідно, 36,7%, 33,1% та 29,5% посівних площ. Найбільш посушливими регіонами були Крим, Запорізька, Миколаївська та Херсонська області, де середня площа посівів, уражених грибоподібними захворюваннями (ГПЗ), становила, відповідно, 17,30%, 15,68%, 15,27% та 15,07%. Статистично значущого зв'язку між ГПЗ та показниками посушливої погоди (випаровуваністю,

індексом сухості) виявлено не було. Оцінка тренду показала, що статистично значущого зв'язку між ASI та показниками посушливої погоди (випаровуваністю та індексом сухості) також не виявлено. Оцінка тренду теж не виявила статистично значущого тренду в районах, що зазнали негативного впливу посухи [7].

Таблиця 1

### Наслідки посухи в різних регіонах

Країна	Наслідки посухи
Африка	У період з 2010 по 2016 рік посуха в Східній Африці призвела до загибелі понад 258 тисяч людей і змусила кудись переїхати понад 20 мільйонів осіб. Згідно зі звітом Всесвітнього банку, до 2050 року посухи можуть знизити врожайність сільськогосподарських культур в Африці на 30%, що призведе до значного зростання цін на продовольство та загрожуватиме продовольчій безпеці на континенті
Індія	Індія є однією з країн, яка найбільше постраждала від посухи в останні десятиліття. Наприклад, у 2016 році посуха в штатах Махараштра та Карнатака призвела до втрати понад 80% урожаю деяких культур. Згідно з дослідженням Індійського інституту тропічної метеорології, імовірність тривалих посух в Індії збільшилася на 27% за останні 60 років через зміни клімату
США	Навіть у розвинутих країнах, таких як США, посуха спричиняє значні економічні втрати. Наприклад, під час посухи в Каліфорнії 2012–2016 років втрати сільськогосподарського сектору оцінювались у 3,8 мільярда доларів США, понад 21 000 робочих місць було втрачено. Водночас скоротилися площі посівів культур, які потребували значної кількості води, таких як рис і мигдаль
Австралія	Протягом 2018–2019 років Австралія пережила одну з найгірших посух за всю історію спостережень. За цей період у цілому врожай пшениці знизився на 20%, що призвело до значного скорочення експорту зернових і зростання цін на внутрішньому ринку

*Джерело: створено авторами на основі [4; 5; 6]*

Нестача опадів в Україні є значною екологічною та економічною проблемою, що має серйозний вплив на сільське господарство. В Європі Україна є однією з найбільших сільськогосподарських країн, де аграрний сектор становить важливу частину економіки. Проте в останні десятиліття країна дедалі частіше стикається з проблемою посух, кількість яких зростає через зміну клімату.

У 2020 році посуха в Україні призвела до значного скорочення врожайності зернових культур. Особливо постраждали врожаї кукурудзи та пшениці, які є основними експортними культурами. За останні 30 років середньорічна температура в країні зросла приблизно на 1,5°C, що призвело до збільшення частоти посух [14]. Згідно з прогнозами, до 2050 року в Україні очікується збільшення кількості спекотних днів, зменшення кількості опадів улітку на 10–15% та почастішання посух [15].

Сільське господарство значною мірою залежить від погодних умов і тому піддається впливу довгострокових тенденцій та змін кліматичних умов. Агровиробництво, як важливий сектор економіки сприяє забезпеченню продовольчої безпеки. Тож зміна клімату стає важливим фактором у формуванні продовольчої

безпеки, оскільки може порушити виробництво агропродукції та спричинити невизначеність і волатильність цін на продовольство. Неможливо передбачити, якою мірою зміна клімату вплине на світове постачання продовольства порівняно з іншими факторами. Однак, безсумнівно, частота й інтенсивність екстремальних явищ (зокрема спек, посух) може зрости, що призведе до зниження врожайності і перебоїв у виробництві [10]. Підвищення температури та зміни інтенсивності опадів, ймовірно, посилять стрес для сільськогосподарських культур, а сільськогосподарські агроєкосистеми, зрештою, стикнуться з підвищеним ризиком деградації (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив посухи на агроєкосистеми України**

<b>Аспект</b>	<b>Особливість</b>
Зниження продуктивності	Посуха призводить до зниження врожайності основних сільськогосподарських культур, таких як пшениця, ячмінь, кукурудза та соняшник. У підсумку фермери часто стикаються з великими втратами доходу, що може загрожувати їхнім фінансовій стабільності та життєзабезпеченню
Погіршення здоров'я ґрунтів	Часті посухи спричиняють деградацію ґрунтів, особливо в південних і східних регіонах України. Це можуть бути зниження вмісту органічної речовини, погіршення структури ґрунту та ерозія. Наприклад, під час посухи 2017 року багато сільськогосподарських угідь зазнали серйозних пошкоджень через ерозію, що зменшило їх родючість і збільшило ризик подальших втрат урожаю
Виснаження водних ресурсів	Українські фермери часто змушені використовувати підземні води для зрошення під час посухи. Це може призвести до виснаження водних ресурсів і зниження рівня підземних вод, особливо в південних регіонах, де вже спостерігається дефіцит води
Економічні наслідки	Посухи завдають значних економічних збитків як фермерам, так і економіці країни в цілому. Втрата врожаю, підвищення цін на продукти харчування та необхідність додаткових інвестицій у зрошувальні системи й технології для зменшення впливу посухи створюють значний фінансовий тягар

*Джерело: створено авторами на основі [12]*

Глобальні зміни клімату спричиняють значне підвищення температури, зміну режиму опадів і збільшення кількості посух в Україні. Посухи є частим гідрометеорологічним явищем і впливають на всіх, включно з тваринами. Посухи спричиняють значні економічні та людські втрати. Для оцінювання посухи на різних стадіях традиційно використовуються різні методи. Однак традиційні методи потребують багато часу, є дорогими і трудомісткими [16].

У зв'язку з посиленням проблеми посухи, яка виникає дедалі частіше та інтенсивніше, сільське господарство потребує інноваційних підходів для підвищення стійкості агроєкосистем. Використання новітніх технологій, адаптивних агротехнічних практик і генетичних інновацій може значно зменшити вплив посухи на сільськогосподарське виробництво. В таблиці 3 зазначено деякі з найефективніших методів.

Таблиця 3

**Інноваційні підходи до підвищення стійкості агроєкосистем стійкості агроєкосистем до посухи**

Методи	Практики
Використання посухостійких сортів культур	<p><b>Генетична модифікація та генне редагування</b></p> <p>Сучасні методи, такі як CRISPR-Cas9, дозволяють точно редагувати гени рослин для підвищення їх стійкості до посухи. Наприклад, генетична модифікація кукурудзи чи сої може містити додавання генів, які регулюють утримання води чи зменшують втрати вологи через листя.</p> <p><b>Традиційна селекція</b></p> <p>Разом з біотехнологіями традиційні методи селекції залишаються важливими для створення нових сортів, які можуть витримувати посуху. В Україні, наприклад, активно ведеться робота над виведенням посухостійких сортів пшениці, ячменю та соняшнику, що адаптовані до місцевих умов</p>
Упровадження точного рільництва	<p><b>Датчики вологості ґрунту</b></p> <p>Установлення датчиків вологості дає можливість фермерам отримувати точні дані про рівень вологості ґрунту в реальному часі. Це дозволяє ефективно керувати поливом, зменшуючи використання води та покращуючи умови для росту рослин.</p> <p><b>Дрони та супутникові технології</b></p> <p>Використання дронів і супутників для моніторингу стану посівів дозволяє фермерам вчасно виявляти ознаки стресу через нестачу води та приймати рішення про додаткові заходи, такі як зрошення чи внесення добрив.</p> <p><b>Автоматизовані системи зрошення</b></p> <p>Інноваційні системи зрошення, які автоматично регулюються на основі даних про погодні умови та вологість ґрунту, допомагають економити воду та зменшують вплив посухи на врожайність</p>
Застосування агротехнічних практик для збереження вологи	<p><b>Консерваційний обробіток ґрунту</b></p> <p>Ця практика передбачає мінімальне порушення структури ґрунту, що допомагає зберігати вологу, зменшує ерозію та сприяє накопиченню органічних речовин. Наприклад, використання прямого посіву без попереднього орання дозволяє зберігати більше вологи в ґрунті.</p> <p><b>Мульчування</b></p> <p>Покриття ґрунту шаром органічної чи неорганічної мульчі зменшує випаровування вологи, захищає від перегрівання та сприяє покращенню структури ґрунту.</p> <p><b>Висівання покривних культур</b></p> <p>Використання покривних культур, таких як конюшина чи гірчиця, допомагає зберегти вологу в ґрунті, зменшити ерозію та покращити ґрунтову структуру</p>

Закінчення табл. 3

Використання сучасних методів зрошення	<p><b>Крапельне зрошування</b> Це метод зрошування, при якому вода подається безпосередньо до кореневої зони рослин через мережу трубок і крапельниць. Це значно зменшує втрати води через випаровування та сприяє економії водних ресурсів.</p> <p><b>Система підповерхневого зрошування</b> Вода подається безпосередньо під поверхню ґрунту, що дозволяє зменшити випаровування та покращити проникнення вологи до кореневої зони рослин</p>
Навчання та підготовка фермерів	<p><b>Навчальні програми та тренінги</b> Організація тренінгів і семінарів для фермерів щодо методів збереження води, використання посухостійких сортів і сучасних технологій зрошування допомагає підвищити їх готовність до боротьби з посухами.</p> <p><b>Консультаційні служби</b> Розширення доступу до консультаційних послуг та аграрної інформації, що надається фермерам, дозволяє їм отримувати своєчасні рекомендації щодо адаптації до кліматичних змін</p>

*Джерело: створено авторами на основі [9]*

Інноваційні методи підвищення стійкості агроecosystem до посухи мають велике значення для сільського господарства та сталого розвитку аграрних систем. Їх застосування допомагає зменшити негативний вплив посухи на врожайність, забезпечує стабільність продовольчої безпеки і сприяє економічній стійкості агросектору [11].

Інноваційні методи підвищення стійкості агроecosystem до посухи пропонують численні переваги для сільського господарства, але також супроводжуються певними викликами. Нижче розглянуто ключові переваги та виклики, пов'язані з упровадженням цих методів (табл. 4).

Таблиця 4

**Переваги та виклики впровадження інноваційних методів стійкості агроecosystem до посухи**

Переваги	Виклики
Зменшення втрат урожаю	Високі початкові витрати
Ефективне використання ресурсів	Недостатні поінформованість і доступ до знань
Покращення здоров'я ґрунту	Обмежений доступ до фінансування
Підвищення стійкості до зміни клімату	Нестача інфраструктури та ресурсів
Збільшення доходів фермерів	Ризики технічних збоїв й адаптації
Інноваційний розвиток та підвищення конкурентоспроможності	Кліматичні та екологічні фактори

*Джерело: створено авторами на основі власних спостережень*

Отже, упровадження інноваційних методів підвищення стійкості до посухи супроводжується численними перевагами. Використання посухостійких сортів, ефективних систем зрошування та агротехнічних практик дозволяє значно зменшити втрати врожаю під час посухи. Це допомагає зберегти врожайність навіть за несприятливих умов, що підвищує стійкість сільськогосподарських господарств. Інноваційні методи, такі як крапельне зрошування і точне рільництво, дозволяють більш раціонально використовувати воду та інші ресурси. Це допомагає зменшити витрати й підвищити продуктивність агровиробництва. Агротехнічні методи, такі як мульчування і використання покривних культур, допомагають зберегти вологу та покращувати структуру ґрунту. Це сприяє підтримці родючості ґрунтів і зниженню ризиків ерозії. Інноваційні підходи сприяють кращій адаптації агроєкосистем до таких змін клімату, як підвищення температур і мінливість режиму опадів. Це допомагає знизити уразливість сільського господарства до кліматичних змін. Зменшення втрат урожаю й ефективне використання ресурсів сприяють збільшенню прибутковості для фермерів, що покращує їхню економічну стабільність і забезпечує стійкий розвиток сільських громад. Упровадження новітніх технологій та методів підвищує інноваційний потенціал аграрного сектору, що робить його більш конкурентоспроможним на глобальному ринку. Це також сприяє розвитку нових технологій і наукових досліджень.

Попри численні переваги, упровадження інноваційних методів підвищення стійкості агроєкосистем до посухи супроводжується викликами, які потребують постійного вирішення. Впровадження інноваційних технологій, таких як крапельне зрошування чи точне рільництво, часто потребує значних початкових інвестицій. Багато фермерів не мають фінансових ресурсів для придбання новітнього обладнання чи технологій. У багатьох регіонах фермери не мають достатньої інформації про новітні методи й технології чи не мають доступу до навчальних програм і консультацій. Це може перешкоджати впровадженню і використанню інноваційних методів. Фінансові установи не завжди готові інвестувати в інноваційні проекти через високий ризик і невизначеність результатів. Фермерам може бути важко отримати кредити чи інші форми фінансування для впровадження новітніх методів. В деяких регіонах, особливо в сільській місцевості, може бути обмежена інфраструктура для підтримки новітніх технологій, таких як датчики вологості чи системи точного рільництва. Це можуть бути недостатній доступ до інтернету, нестача постачальників обладнання чи недостатня технічна підтримка. Новітні методи можуть потребувати адаптації до місцевих умов та систем господарювання. Крім того, можуть виникати технічні проблеми чи збої в роботі обладнання, що знижуватиме ефективність чи навіть спричинятиме втрати. Деякі інноваційні технології можуть бути менш ефективними в екстремальних кліматичних умовах чи потребувати значної адаптації для різних типів ґрунтів і регіонів. Наприклад, системи зрошування можуть бути неефективними в регіонах із надмірно високою засоленістю ґрунтів.

**Висновки і пропозиції.** Інноваційні методи підвищення посухостійкості агроєкосистем мають велике значення для сталого розвитку сільського господарства та агросистем. Їх використання допомагає зменшити негативний вплив посухи на продуктивність, забезпечує стабільну продовольчу безпеку та сприяє економічній стійкості фермерів.

Інтеграція технологій точного рільництва з новими біологічними агентами може стати вирішальним фактором для сталого розвитку сільського господарства в умовах зміни клімату. Такий підхід дозволяє максимально ефективно



використовувати доступні ресурси, зберігати продуктивність ґрунтів і забезпечувати стабільність урожайності навіть в умовах частих посух.

Крім того, упровадження цих методів сприяє зменшенню негативного впливу сільськогосподарської діяльності на навколишнє середовище, що також є важливим аспектом сталого розвитку. Систематичне використання сучасних технологій і біопрепаратів допомагає підтримувати здоров'я агроєкосистем, зменшувати витрати на добрива і пестициди, а також знижувати водне навантаження на екосистеми.

Комбінування різних методів з урахуванням специфічних умов кожного регіону є необхідним кроком для підвищення стійкості сільського господарства до посухи. Інтеграція технологій точного землеробства та розробка нових біопрепаратів створюють перспективу для сталого та продуктивного сільського господарства в майбутньому.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мазур В., Гончарук І., Дідур І., Панцирева Г., Телекало Н., Купчук І. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур. Вінниця: Нілан-ЛТД. 180 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/28696.pdf> (дата звернення: 31.08.2024).
2. Correlation of climate change and human activities with agricultural drought and its impact on the net primary production of winter wheat / J. Wu et al. *Journal of hydrology*. 2023. P. 129504. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129504> (date of access: 31.08.2024).
3. Mykhailenko V., Safranov T. The problem of evaluation of individual persistent organic pollutants emissions from road transport (illustrated by the case of Odessa industrial-and-urban agglomeration). *Environmental problems*. 2022. Vol. 7, no. 1. P. 39–46. URL: <https://doi.org/10.23939/ep2022.01.039> (date of access: 31.08.2024).
4. Impacts of climate change on drought and its consequences on the agricultural crop under worst-case scenario over the Godavari River Basin, India / K. Bharambe et al. *Climate services*. 2023. Vol. 32. P. 100415. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100415> (date of access: 31.08.2024).
5. Nguyen H., Costello C., Thompson A. Impacts of historical droughts on maize and soybean production in the southeastern united states. *SSRN electronic journal*. 2022. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4170453> (date of access: 31.08.2024).
6. Probabilistic assessment of drought impacts on wheat yield in south-eastern Australia / K. Xiang et al. *Agricultural water management*. 2023. Vol. 284. P. 108359. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108359> (date of access: 31.08.2024).
7. Вожегова Р., Лиховид П., Рудік О. Застосування Agricultural Stress Index для динамічної оцінки посухи на орних землях. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 19–23. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.3> (дата звернення: 31.08.2024).
8. Influence of irrigation and groundwater on the propagation of meteorological drought to agricultural drought / L. Fawen et al. *Agricultural water management*. 2023. Vol. 277. P. 108099. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108099> (date of access: 31.08.2024).
9. Integrated innovative technique to assess and priorities risks associated with drought: impacts, measures/strategies, and actions, global study / A. Alkhalidi et al. *International journal of disaster risk reduction*. 2023. Vol. 94. P. 103800. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103800> (date of access: 31.08.2024).
10. Prokopenko K. Agricultural development under a changing climate in Ukraine: trends and challenges. *International Scientific-Practical Conference «Economic growth in the conditions of globalization»*. 2023. URL: <https://doi.org/10.36004/nier.cecg.ii.2023.17.8> (date of access: 31.08.2024).

11. Sustainable development of agriculture of ukraine in the context of climate change / L. Moldavan et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, no. 13. P. 10517. URL: <https://doi.org/10.3390/su151310517> (date of access: 31.08.2024).
  12. The climate change impact on the development of droughts in ukraine / A. Polevoy et al. *Journal of ecological engineering*. 2024. Vol. 25, no. 6. P. 194–205. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/187276> (date of access: 31.08.2024).
  13. FAO reports on disasters and drought finance in agriculture. URL: <https://www.unwater.org/news/fao-reports-disasters-and-drought-finance-agriculture> (date of access: 31.08.2024).
  14. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / за ред. С. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf)(дата звернення: 31.08.2024).
  15. State Statistics Service of Ukraine. K: State Statistics Service of Ukraine. 2022. Available online: <http://ukrstat.gov.ua/>(date of access: 31.08.2024).
  16. A review of agricultural drought assessment with remote sensing data: methods, issues, challenges and opportunities / A. Mullapudi et al. *Applied geomatics*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00484-6> (date of access: 31.08.2024).
-