

Innovative technologies in growing and storing agricultural crops

A. Olkhovskyi✉

Article info

Correspondence Author

A. Olkhovskyi

E-mail:

olhovs@proton.meTOMI GROUP LLC,
Zadniprovska Str., 23,
Zaporizhzhia, 269114,
Ukraine**Citation:** Olkhovskyi, A. (2025). Innovative technologies in growing and storing agricultural crops. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 68–74. doi: 10.31210/spi2025.28.02.11

The study presents a comprehensive analysis of modern innovative technologies used in the cultivation and storage of agricultural crops, with particular attention to the development of precision agriculture, digitalization, and biotechnological advances. The aim of the article is to characterize the main technological solutions that contribute to improving the efficiency, sustainability, and adaptability of agro-industrial systems under current global challenges. The methodology is based on the synthesis of recent scientific studies, sectoral analytics, and practical cases of technology implementation in Ukraine and internationally. The core findings indicate that precision agriculture technologies – such as variable rate application, remote field monitoring, automated equipment control, and satellite-based agroanalytics – enable farmers to optimize input use and reduce environmental pressure while increasing productivity. In parallel, the development of sensor systems and the Internet of Things significantly expands the possibilities of continuous real-time monitoring and automation across all stages of crop production. Internet of Things integration with farm management platforms also facilitates digital transformation at the enterprise level. The article also highlights the role of gene-editing tools, particularly CRISPR-Cas9, in developing stress-resistant and high-yielding crop varieties, which are essential for adapting to climate change. Furthermore, the research emphasizes the growing relevance of automated smart storage systems in Ukraine, which improve grain preservation efficiency, minimize post-harvest losses, and enhance logistical operations through microclimate control and digital interfaces. The article concludes that the integration of advanced agrotechnologies in Ukraine has great potential, despite existing challenges such as wartime disruption and limited investment. Practical implementation depends on the expansion of digital infrastructure, financial and educational support, and strengthening partnerships between agribusinesses and technology developers. The results confirm the strategic importance of innovations for building a resilient and competitive agricultural sector aligned with principles of sustainable development. Practical implementation depends on the expansion of digital infrastructure, financial and educational support, and strengthening partnerships between agribusinesses and technology developers. These findings may serve as a valuable reference for policy-makers, researchers, and practitioners seeking to modernize agricultural production and ensure long-term food security.

Keywords: crop production, crop storage, agro-innovation, sustainable development, biotechnologies, agriculture.

Інноваційні технології у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур

А. С. ОЛЬХОВСЬКИЙ

ТОВ «Томі Груп»,
м. Запоріжжя, Україна

У дослідженні представлено комплексний аналіз сучасних інноваційних технологій, що застосовуються у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур, із особливою увагою до розвитку точного землеробства, цифровізації та біотехнологічних досягнень. Метою огляду є охарактеризувати основні технологічні рішення, які сприяють підвищенню ефективності, сталості та адаптивності агропромислових систем в умовах сучасних глобальних викликів. Методологія базується на узагальненні сучасних наукових досліджень, галузевої аналітики та практичних кейсів впровадження технологій в Україні та за кордоном. Основні результати вказують на те, що технології точного землеробства – зокрема, технології змінних норм внесення, дистанційний моніторинг полів, автоматизоване управління технікою та супутникова агроаналітика – дозволяють агровиробникам оптимізувати використання ресурсів, знизити екологічне навантаження та підвищити продуктивність. Паралельно розвиток сенсорних систем та Інтернету речей суттєво розширює можливості безперервного моніторингу в реальному часі та автоматизації на всіх етапах виробництва сільськогосподарських культур. Інтеграція Інтернету речей із платформами аграрного менеджменту сприяє цифровій трансформації на рівні підприємств. У статті також наголошено на ролі інструментів редагування геному, зокрема технології CRISPR-Cas9, у створенні високоврожайних і стійких до стресів сортів культур, що є критично важливим для адаптації до змін клімату. Крім того, підкреслюється зростаюча актуальність автоматизованих інтелектуальних систем зберігання в Україні, які забезпечують ефективне збереження зерна, мінімізацію післязбиральних втрат та вдосконалення логістичних процесів завдяки контролю мікроклімату та цифровим інтерфейсам. У роботі зроблено висновок, що інтеграція передових агротехнологій в Україні має значний потенціал, незважаючи на існуючі виклики, такі як воєнні нестабільності та обмежені інвестиційні можливості. Практичне впровадження залежить від розвитку цифрової інфраструктури, фінансової та освітньої підтримки, а також посилення співпраці між агробізнесом і розробниками технологій. Отримані результати підтверджують стратегічну важливість інновацій для формування стійкого та конкурентоспроможного аграрного сектору, що відповідає принципам сталого розвитку. Представлені висновки можуть слугувати цінною базою для політиків, дослідників і агропідприємств, зацікавлених у модернізації агровиробництва та забезпеченні довгострокової продовольчої безпеки.

Ключові слова: землеробство, зберігання врожаю, агроінновації, сталий розвиток, біотехнології, сільське господарство.

Бібліографічний опис для цитування: Ольховський А. С. Інноваційні технології у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 68–74.

Сільське господарство залишається однією з ключових сфер, що забезпечує стабільність продовольчої системи, економічну безпеку та добробут населення в усьому світі. Водночас аграрна галузь перебуває під постійним тиском глобальних викликів, таких як зміна клімату, зростання населення, деградація ґрунтів, зниження врожайності та втрати продукції на етапі зберігання. Традиційні методи вирощування культур і зберігання продукції вже не відповідають вимогам часу, оскільки не забезпечують належного рівня ефективності, екологічної стійкості та економічної доцільності.

Упродовж останнього десятиліття значна увага у світовій науковій літературі приділяється дослідженню інноваційних технологій в агро-виробництві. Зокрема, у роботі Hrynevych et al. (2022) досліджено тенденції розвитку точного землеробства в Україні [1], де підкреслено роль «розумних» інструментів як чинників кооперації серед агро-виробників. Petrović et al. (2024) у своєму огляді щодо Центральної Європи акцентують увагу на потенціалі використання точного землеробства для підвищення ефективності вирощування культур [2]. Camenzind, & Yu (2024) довели можливість оцінки врожайності сортів пшениці вже до фази цвітіння на основі даних дистанційного зондування з БПЛА [3]. Крім того, Shamshiri et al. (2024) відзначають, що цифровізація аграрної галузі сприяє сталому виробництву культур за рахунок застосування IoT, AI та автоматизованого управління процесами [4].

Науковці також звертають увагу на стратегічне значення України у світовій продовольчій безпеці – Bazhal, & Koutchma (2022) підкреслюють роль наукових інновацій у зміцненні позиції України як глобального зернового хабу [5], вказуючи на необхідність впровадження сучасних технологій вирощування та зберігання.

Окрему увагу слід приділити новітнім технологіям зберігання сільськогосподарської продукції, як приклад, інтегрована платформа глибокого навчання для моніторингу умов зберігання зерна та автоматичного виявлення ризиків [6].

Серед українських науковців, які досліджують різні аспекти впровадження інновацій у сільському господарстві, варто відзначити низку авторів, що зробили суттєвий внесок у розвиток цього напрямку. Зокрема, уваги заслуговують Уланчук та Загребельний [7], Ліщук, Парфенюк, Карачинська та Безноско [8], Пузік, Пузік, Постнова, Сафронська, Червоний, Могутова та Калюжний [9], Кічігіна, Дем'янюк, Куценко, Гаврилюк та Куценко [10], Терновий та Теличко [11], Дрозд та Мельник [12], Городиська та Кравчук [13], Derevianko, Maherramzade, & Derevianko [14], Дребот та Дишлик [15]. Їхні дослідження охоплюють широкий спектр питань – від точного землеробства, ефективного обробітку ґрунту, збереження якості та лежкості сільськогосподарської продукції до впливу біологічних і нанотехнологічних засобів на ріст і розвиток культур, а також забезпечення екологічної безпеки й збереження родючості ґрунтів.

Попри наявність широкого спектру міжнародних досліджень, в Україні ще недостатньо система-

тизовано підходи до впровадження інновацій в аграрній сфері, особливо з урахуванням локальних умов, технічної бази та фінансових обмежень сільгоспвиробників. У зв'язку з цим актуальним є вивчення зарубіжного досвіду та його адаптація до вітчизняного агропромислового комплексу.

У статті робиться акцент на адаптації світових інноваційних технологій до особливостей вітчизняного аграрного сектора – розглядається міжнародний досвід з урахуванням українських економічних умов, кліматичних і інфраструктурних особливостей, а також впливу війни на АПК, що створює місток між глобальними технологіями та їхньою практичною імплементацією в Україні.

В Україні технології точного землеробства набирають обертів, особливо з урахуванням потреб адаптації до кліматичних змін і раціонального використання ресурсів. Як показано у дослідженні Інституту агро-екології НААН [15], точне землеробство дозволяє знизити екологічні ризики в агроecosистемах. Зокрема, йдеться про зменшення навантаження на ґрунти та водні ресурси за рахунок диференційованого внесення добрив і мінімізації хімічного забруднення.

Використання дронів, GPS-навігації, супутникових зображень і технологій Інтернету речей є важливим інструментом для диференційованого обробітку полів. У багатьох країнах, зокрема у США, Великій Британії та державах Європейського Союзу, ці рішення вже широко впроваджені: автономна техніка ефективно виконує сільськогосподарські операції, а спеціалізоване програмне забезпечення допомагає аграріям приймати точні управлінські рішення на основі аналізу зібраних даних [16]. Серед ключових інструментів точного землеробства варто виділити змінні норми внесення, моніторинг полів у реальному часі, автоматичне керування технікою та агроаналітику на основі супутникових даних. Компанія EOSDA зазначає [17], що завдяки цим технологіям фермери можуть значно скоротити витрати, підвищити врожайність та краще контролювати стан посівів. У результаті зменшується залежність від людського фактора, а також підвищується рентабельність виробництва. Хоча точне землеробство може підвищувати врожайність і знижувати витрати, в Україні його впроваджують здебільшого великі агрохолдинги, які мають ресурси для значних інвестицій у GPS-навігацію, датчики та агродрони.

У той же час багато малих і середніх господарств через високу вартість обладнання та дефіцит фахівців продовжують працювати традиційними методами, що обмежує масштаб розповсюдження нових технологій. У воєнних умовах додатковими бар'єрами стали нестабільність GPS-сигналу і місцеві обмеження на польоти безпілотників: в таких умовах агро-виробники пристосовуються, переходячи на наземні системи автопілоту та датчики навігації замість дронів [35].

Ефективне використання інструментів точного землеробства неможливе без якісного та безперервного збору аграрних даних. Саме тому наступним кроком у розвитку цифрових технологій в агросекторі стало впровадження сенсорних систем та Інтернету речей, які розширюють можливості моніторингу й автоматизації на всіх етапах вирощування культур.

Розвиток сенсорних технологій та Інтернету речей є логічним продовженням і складовою точного землеробства – ці рішення забезпечують безперервний збір даних з полів, теплиць, техніки та елеваторів, що дозволяє аграріям контролювати процеси з максимальною точністю. У ґрунт або на рослини встановлюються датчики, які фіксують рівень вологості, температуру, рН, вміст поживних речовин. Дані в реальному часі надходять у програмні платформи, де аналізуються та використовуються для ухвалення оперативних рішень.

В Україні фермери використовують IoT для обліку оброблених площ, контролю витрат пального, моніторингу роботи техніки й автоматичного нарахування заробітної плати. Крім того, інтеграція IoT-пристроїв із ІС/ERP-системами забезпечує повноцінну цифрову трансформацію господарства [18].

Інтеграція цифрових технологій та IoT-систем дозволяє оптимізувати моніторинг полів і керування ресурсами, однак на практиці її впровадженню в Україні перешкоджають технічні та інфраструктурні обмеження. Зокрема, у віддалених регіонах для стабільного зв'язку аграрії часто застосовують супутниковий інтернет (термінали Starlink), оскільки традиційні канали зв'язку можуть бути недоступні в зоні бойових дій. Крім того, масштабні кібератаки (найгучніша – на агрохолдинг МХП у 2025 р.) виявили вразливість цифрової інфраструктури і підкреслили необхідність посилення заходів кібербезпеки [36].

Очікується, що глобальний ринок технологій «smart farming» до 2029 року зросте до \$ 56,9 млрд із середнім щорічним приростом у 18,5 %, що підкреслює актуальність IoT для сталого розвитку аграрної галузі, особливо з урахуванням зміни клімату та зростання попиту на безпечну і якісну продукцію [19].

Поряд із цифровізацією агровиробництва, важливим напрямом технологічного прогресу у сільському господарстві є розвиток біотехнологій. У поєднанні з інтелектуальними системами управління, генетичні інновації забезпечують комплексний підхід до підвищення стійкості агросистем і продуктивності культур в умовах кліматичних змін. Деякі вчені наголошують, що генномодифіковані культури не є загрозою, а навпаки – можуть стати важливим ресурсом для підвищення продовольчої безпеки – деякі культури вже давно вирощуються у США, Бразилії, Канаді та інших країнах (соя, кукурудза, бавовник, ріпак) [20]. Особливу увагу американські вчені приділяють потенціалу технології CRISPR-Cas9, яка дозволяє з високою точністю виводити нові сорти без тривалих етапів класичної селекції. Окремим прикладом успішного застосування CRISPR є створення японськими вченими сорту ячменю, у якого усунуте передчасне проростання зерна в колосі, що вирішує реальну проблему фермерів, пов'язану з втратами врожаю під час дощів у період збирання. Такі селекційні рішення дають змогу адаптувати культури до складних погодних умов та мінімізувати втрати [21].

В Україні їх впровадження гальмують жорстке регулювання та фінансові обмеження: за чинним законодавством культивування генетично модифікованих культур заборонена і жоден ГМО-сорт не затверджений [37], тоді як значна частка посівів, до 15–30 % у рядках із окремих культур, фактично містить ГМ-сорти [38].

Деякі українські стартапи намагаються запропонувати локальні рішення: наприклад, проєкт AgRE розробив біохімічний реагент для нейтралізації солей у ґрунті та відновлення його структури, що особливо актуально для зон зрошення та відбудови після бойових дій [39].

В умовах нестабільного експорту, зміни логістичних ланцюгів та зростання внутрішнього виробництва аграрії в Україні активно впроваджують інтелектуальні системи зберігання сільськогосподарської продукції. Сучасні зерносховища, обладнані автоматизованими технологіями, дозволяють значно підвищити ефективність логістики та зберігання. Зокрема, автоматизація процесу завантаження забезпечує щільніше розміщення зерна, що підвищує заповненість складу на 20–30 % у порівнянні з традиційними методами [22].

Ключовим чинником ефективності таких сховищ є система контролю мікроклімату. Високоточні сенсори безперервно вимірюють температуру, вологість, вміст CO₂ та інші показники, що впливають на збереження якості зерна. Зібрані дані обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням, яке в режимі реального часу інформує про відхилення від оптимальних умов і дозволяє автоматизовано вмикати системи вентиляції, охолодження або здійснювати аерацію.

Особливу увагу приділяють системам проточної вентиляції, які мінімізують ризики конденсації вологи, перегрівання зернової маси та накопичення пилу. У свою чергу, це дозволяє запобігти розвитку пліснявих грибів, розмноженню комах-шкідників і втратам харчової цінності продукції.

Згідно з дослідженнями, втрати зерна під час зберігання в країнах з розвиненою аграрною інфраструктурою не перевищують 7–9 %, тоді як у державах із низьким рівнем автоматизації цей показник може сягати 50 %, що ще раз підтверджує важливість інтелектуального підходу до управління запасами сільськогосподарської продукції [23].

Крім того, сучасні системи зберігання активно інтегруються із цифровими платформами агроменеджменту, що дозволяє поєднати дані про врожай, зони його походження, якість і стан у сховищі. Такий підхід відкриває нові можливості для відстеження партій продукції, формування точних звітів, оптимізації логістики та планування збуту.

Інноваційні технології, що впроваджуються в аграрному секторі, охоплюють широкий спектр рішень – від цифрових інструментів управління до біотехнологічних досягнень. Їх застосування забезпечує перехід до більш точного, ресурсоефективного та сталого землеробства. Щоб систематизувати ключові підходи та їхню практичну значущість, у **таблиці 1** узагальнено основні інноваційні технології, які використовуються у сучасному сільському господарстві, їх характеристику та головні переваги впровадження.

Подані у таблиці рішення розкривають потенціал як технологій точного землеробства (зокрема змінних норм внесення, супутникового моніторингу, застосування дронів), так і цифрових систем на основі сенсорів та Інтернету речей, що забезпечують оперативний контроль за польовими процесами.

Таблиця 1

Переваги впровадження інноваційних технологій в аграрному секторі

Назва технології	Характеристика	Основні переваги
Precision Farming «точне землеробство» [24, 25]	Комплексна система управління агровиробництвом, що базується на зональному підході до обробітку ґрунту, догляду за культурами та управлінні ресурсами.	Зниження витрат ресурсів, підвищення точності агротехнічних операцій, адаптація до змін клімату.
Variable Rate Technology «технології змінних норм внесення» [26, 27]	Технологія, що дозволяє здійснювати диференційоване внесення добрив, насіння та засобів захисту рослин залежно від властивостей конкретних ділянок поля.	Оптимізація використання добрив, зменшення екологічного навантаження, підвищення ефективності живлення культур.
Сенсорні системи та Інтернет речей [28, 29]	Система збирання, передавання та аналізу аграрних даних у режимі реального часу з використанням сенсорів, датчиків і хмарного ПЗ.	Покращення моніторингу виробництва, оперативне виявлення відхилень, підтримка сталого розвитку фермерських господарств.
Безпілотні літальні апарати (дрони) [30, 31]	Аерофотозйомка, моніторинг стану посівів, визначення стресових зон, контроль за рівнем вологості та ураженням шкідниками.	Швидке й детальне виявлення проблем на полі, зниження витрат на польові огляди, підвищення точності картування.
Супутниковий моніторинг та GIS-технології [32]	Отримання супутникових знімків та просторової інформації для агроаналізу, картографування полів, оцінки біомаси та вегетаційних індексів.	Глобальне охоплення, можливість моніторингу великих площ, аналітика стану посівів у динаміці.
Генетичні модифікації та CRISPR-селекція [33, 34]	Використання генної інженерії та точного редагування геному для створення високопродуктивних, стресостійких і хворобостійких сортів культур.	Підвищення врожайності, зниження втрат від біотичних і абіотичних стресів, скорочення термінів селекції.

Однак, попри значний потенціал сучасних агротехнологій, їхнє широкомасштабне впро-

вадження в українських реаліях нашо вхується на низку суттєвих перешкод (*табл. 2*)

Таблиця 2

Ключові виклики впровадження інноваційних технологій в аграрному секторі України: деталізований аналіз

Категорія викликів	Конкретний виклик	Наслідки
Економічні та кадрові виклики [40–42]	Висока вартість інноваційних агротехнологій та обладнання	Фінансове навантаження на фермерів, особливо дрібних
	Обмежений доступ до фінансування	Брак підтримки з боку банків і приватних інвесторів
	Нестача кваліфікованих кадрів	Низький рівень підготовки до роботи з інноваційними технологіями
Інфраструктурні обмеження [43, 44]	Недостатній розвиток IT-інфраструктури в сільській місцевості	Ускладнює впровадження IoT, хмарних сервісів, точного землеробства
	Руйнування інфраструктури внаслідок війни	Втрати елеваторів, складів, техніки та логістичних мереж
	Брак структурованих аграрних даних	Господарства працюють без системної інформації
Воєнні виклики та безпекові ризики [42, 43]	Втрати орних земель	6+ млн га тимчасово втрачено через окупацію та мінування
	Загроза знищення техніки та інвестицій	Невизначеність в прифронтових регіонах стримує інновації
	Переорієнтація галузі з інновацій на виживання	Пріоритетом є базове функціонування, а не модернізація
Регуляторні та інституційні проблеми [41–43]	Застаріле законодавство	Складні та тривалі процедури реєстрації нових технологій
	Відсутність цілісної державної стратегії	Ініціативи є фрагментарними, без системного підходу
	Недостатня взаємодія між наукою, бізнесом і державою	Наукові розробки не доходять до практичного впровадження

Інтеграція інноваційних технологій у сільське господарство України має значний потенціал з огляду на природно-кліматичні умови, ресурсну базу та досвід агровиробників. Попри низку об'єктивних викликів – воєнний стан, порушення логістики, обмежене фінансування – український АПК демонструє здатність до адаптації та впровадження сучасних технологічних рішень. Уже сьогодні велика частина господарств використовує елементи точного землеробства, цифрові системи моніторингу, а також впроваджує автоматизовані комплекси зберігання продукції.

Подальше поширення інновацій залежатиме від низки факторів: доступності фінансових інструментів (грантів, кредитів, інвестицій), освітньо-консультаційної підтримки, а також розширення співпраці між аграрними підприємствами та розробниками технологій. Важливою умовою залишається розвиток інфраструктури даних, що забезпечить повноцінну інтеграцію інформаційних систем на рівні фермерських господарств і агрохолдингів.

Окрему перспективу становить розвиток національних стартапів у сфері аграрних технологій, біотехнологій та автоматизації, які, за умови державної та міжнародної підтримки, здатні сформувати конкурентний інноваційний ринок. Варто також враховувати зростання глобального попиту на екологічно безпечну та контрольовану за походженням продукцію, що стимулює українських виробників до активнішого впровадження технологій сталого

Уже зараз в Україні з'являються автономні роботизовані обприскувачі на базі ІІІ та автоматизовані системи збору даних, а протягом 5–10 років ця тенденція може перерости у масове впровадження «розумної» техніки в господарствах [42]. За деякими оцінками, до 2030 року понад 30 % польових робіт в Україні можуть бути автоматизовані, що суттєво компенсує дефіцит робочої сили та підвищить продуктивність. Окрім роботизації, очікується широкомасштабна цифровізація: агровиробники активно впроваджуватимуть електронні карти полів, системи моніторингу посівів у реальному часі, платформи обліку та планування врожайності.

Великий акцент робитиметься на Big Data та штучному інтелекті для аналізу агрономічних даних, прогнозування врожаїв і оптимізації рішень. Сьогодні рішення на основі AI для агробізнесу демонструють глобальне зростання ~25 % на рік, а застосування технологій Big Data дозволяє господарствам підвищити ефективність на 15–25 % [45].

Висновки

Метою статті є охарактеризувати основні технологічні рішення, які сприяють підвищенню ефективності, сталості та адаптивності агропромислових систем в умовах сучасних глобальних викликів. В роботі розглянуто сучасні інноваційні технології, що застосовуються у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур. Серед них ключове місце посідають технології точного землеробства, сенсорні системи та Інтернет речей, а також біотехнології та автоматизовані системи зберігання. Проаналізовано основні принципи роботи зазначених рішень, їх вплив на ефективність агровиробництва та можливості адаптації до змін клімату й ринкових умов.

Встановлено, що впровадження інновацій дозволяє істотно підвищити продуктивність, знизити витрати ресурсів і мінімізувати втрати на етапах зберігання. Технології точного внесення, автоматизоване управління технікою, а також використання супутникових і сенсорних даних сприяють оптимізації агротехнологічних операцій та екологізації виробництва. Зі свого боку, біотехнології (зокрема, CRISPR-селекція) відкривають нові можливості для створення стійких до стресів сортів із покращеними споживчими властивостями.

Особливої актуальності набувають інтелектуальні системи зберігання, що забезпечують збереження якісних показників продукції та зменшення втрат завдяки контролю мікроклімату, автоматизації вентиляції та цифровій інтеграції з агроменеджмент-платформами. Такі рішення вже демонструють свою ефективність в українських умовах, і їх застосування має значні перспективи подальшого масштабування. Результати огляду літературних джерел підтверджують, що інноваційні підходи є необхідною умовою сталого розвитку агросектору України. Враховуючи поточну динаміку розвитку агротехнологій та інституційні зрушення, можна прогнозувати, що в найближчі 3–7 років в аграрному секторі України спостерігатиметься поступова автоматизація та цифровізація основних виробничих процесів. Зокрема, очікується поширення безпілотної техніки, автономних систем обробітку ґрунту, дронів для моніторингу посівів та впровадження штучного інтелекту для агрономічної аналітики. Водночас в умовах дефіциту робочої сили та зростання ризиків воєнного часу такі технології можуть стати не лише джерелом підвищення продуктивності, а й засобом адаптації до нестабільного середовища. Прискорене впровадження інновацій, на нашу думку, стане можливим за умов інституційної підтримки та адекватного реагування на зовнішні виклики.

Найбільший потенціал мають технології точного землеробства, цифрові платформи управління фермою, автономна техніка та біотехнології, орієнтовані на стійкість до змін клімату. Уже сьогодні спостерігається зростання кількості українських стартапів у сфері автоматизації, сенсорного моніторингу та агроаналітики. Враховуючи це, найближчим часом очікується масштабування розробок у цих напрямках, зокрема в частині електронного картографування полів, застосування big data для прогнозування врожайності, а також використання біостимуляторів і мікробіологічних добрив.

З метою подолання наявних бар'єрів та створення умов для довгострокового інноваційного прориву в агросфері, доцільно реалізувати комплекс заходів державної підтримки. Насамперед це впровадження пільгових механізмів фінансування, розбудова системи дорадництва та аграрної освіти, відновлення аграрної інфраструктури, а також інвестиції в цифрову інфраструктуру. Важливим аспектом є також гарантії захисту інвестицій, зниження регуляторного тиску та створення умов для публічно-приватного партнерства.

На наш погляд, саме ті інновації, які швидко окуповуються, є адаптивними до умов обмежених ресурсів і здатні працювати в нестабільному середовищі, матимуть найбільші шанси на масштабне впровадження. У цьому контексті держава має відігравати не лише регуляторну, а й партнерську роль, сприяючи створенню стійкої інноваційної екосистеми в агросекторі України.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Hrynevych, O., Blanco Canto, M., & Jiménez García, M. (2022). Tendencies of Precision Agriculture in Ukraine: Disruptive Smart Farming Tools as Cooperation Drivers. *Agriculture*, 12 (5), 698. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050698>
2. Petrović, B., Bumbálek, R., Zoubek, T., Kuneš, R., Smutný, L., & Bartoš, P. (2024). Application of precision agriculture technologies in Central Europe-review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.jafri.2024.101048>
3. Camenzind, M. P., & Yu, K. (2024). Multi temporal multispectral UAV remote sensing allows for yield assessment across European wheat varieties already before flowering. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1214931>
4. Shamshiri, R. R., Sturm, B., Weltzien, C., Fulton, J., Khosla, R., Schirrmann, M., Raut, S., Basavegowda, D. H., Yamin, M., & Hameed, I. A. (2024). Digitalization of agriculture for sustainable crop production: a use-case review. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1375193>
5. Bazhal, M., & Koutchma, T. (2022). Ukraine as a food and grain hub: Impact of science and technology development on food security in the world. *Frontiers in Food Science and Technology*, 2. <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.1040396>
6. Li, X., Wu, W., Guo, H., Wu, Y., Li, S., Wang, W., & Lu, Y. (2025). Smart grain storage solution: integrated deep learning framework for grain storage monitoring and risk alert. *Foods*, 14 (6), 1024. <https://doi.org/10.3390/foods14061024>
7. Ulanchuk, V. S., & Zahrebelnyi, B. V. (2017). Innovatsiini tekhnologii obrobittu gruntu ta efektyvnist yikh zastosuvannya pry vyroshchuvanni zernovykh kultur na Cherkashchyni. *Modern Economics*, 6, 210–220. [in Ukrainian]

8. Lishchuk, A., Parfeniuk, A., Karachynska, N., & Beznosko, I. (2024). Innovations of precision agriculture in reducing environmental risks in agroecosystems of Ukraine. *Balanced Nature Using*, 3, 105–113. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314928>
9. Pusik, L., Pusik, V., Postnova, O., Safronska, I., Chervonyi, V., Mohutova, V., & Kaluzhnyj, A. (2020). Research of winter garlic storage depending on the elements of the post-harvest refinement. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (3 (51)), 31–37. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.197959>
10. Kichihina, O., Demianiuk, O., Kutsenko, N., Havryliuk, L., & Kutsenko, O. (2023). Influence of storage period on the quality indicators of *Astragalus falcatus* Lam. seed. *Balanced Nature Using*, 2, 103–113. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282751>
11. Ternovyi, Yu. V., & Telychko, L. P. (2020). Biological preparations as an element of environmentally safe technology of sugar corn growing. *Balanced Nature Using*, 1, 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203937>
12. Drozd, O. O., & Melnyk, O. V. (2021). Storage efficiency of Reinette Simirenko apples treated with different doses of ethylene inhibitor. *Taurian Scientific Herald*, 117, 189–194. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.26>
13. Horodyska, I., & Kravchuk, Yu. (2023). Sideration – a factor of the formation of the main indicators of the soil in organic agriculture. *Balanced Nature Using*, 4, 135–144. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292740>
14. Derevyanko, O., Maherramzade, N., & Derevianko, S. (2022). Evaluation of the biological effect of Zn nanocarboxylates and MoS₂ nanoparticles on corn sprouts (*Zea mays* L.). *Plant and Soil Science*, 13 (2). [https://doi.org/10.31548/agr.13\(2\).2022.7-13](https://doi.org/10.31548/agr.13(2).2022.7-13)
15. Drebok, O., & Dyshlyk, V. (2023). Impact of technological factors of agriculture on the processes of carbon release from the soil. *Balanced Nature Using*, 4, 50–56. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292709>
16. Dotsilnist vykorystannia tochnoho zemlerobstva ta svitovyi dosvid. (2024). *E Farm Pro*. Retrieved from: <https://efarm.pro/dotsilnist-vykorystannia-tochnoho-zemlerobstva-ta-svitovyi-dosvid/> [in Ukrainian]
17. Kohut, P. (2021). Tochno zemlerobstvo i tekhnologii v silskomu hospodarstvi. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/uk/blog/tochno-zemlerobstvo> [in Ukrainian]
18. Kravets, I. (2019). Yak otsyfruvaty fermerske hospodarstvo. *Zhurnal «Propozitsiya»*, 11. Retrieved from: <https://propozitsiya.com/articles/analitika/yak-otsyfruvaty-fermerske-hospodarstvo> [in Ukrainian]
19. TOP-5 prychyn, chomu potribno vykorystovuvaty sensorni agtech tekhnologii u 2023 rotsi. (2023). *Agriteka*. Retrieved from: <https://agriteka.com/2405-top-5-prichin-chomu-potrбно> [in Ukrainian]
20. Woźniak-Gientka, E., & Tyczewska, A. (2023). Genome editing in plants as a key technology in sustainable bioeconomy. *EFB Bioeconomy Journal*, 3, 100057. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100057>
21. Hisano, H., Hoffee, R. E., Abe, F., Munemori, H., Matsuura, T., Endo, M., Mikami, M., Nakamura, S., Kumlehn, J., & Sato, K. (2021). Regulation of germination by targeted mutagenesis of grain dormancy genes in barley. *Plant Biotechnology Journal*, 20 (1), 37–46. <https://doi.org/10.1111/pbi.13692>
22. Ukrainski ahrarii aktyvno buduiut avtomatyzovani zernoskhovishcha, yaki dozvoliaut zavantazhuvaty na 30% bilshе vrozhaiu (2023). *AgroNews*. Retrieved from: <https://agronews.ua/news/ukrayinski-agrariyi-aktyvno-buduyut-avtomatyzovani-zernoskhovishcha-yaki-dozvoliyayut-zavantazhuvaty-na-30-bilshе-vrozhayu> [in Ukrainian]
23. Dergun, R. (2020). Datchyky dlia skhovyshch. *AgroTimes*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/datchyky-dlya-skhovyshch> [in Ukrainian]
24. Filipovic, C. (2024). How precision agriculture helps farmers navigate rising input costs and climate challenges. *Farming First*. Retrieved from: <https://farmingfirst.org/2024/12/precision-agriculture-helps-farmers-navigate-climate-challenges/>
25. Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production and environmental sustainability: a systematic review. *The Scientific World Journal*, 2024 (1). <https://doi.org/10.1155/2024/2126734>
26. Sergieieva, K. (2024). Variable rate technology: Benefits and uses in agriculture. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/blog/variable-rate-technology/>
27. Späti, K., Huber, R., & Finger, R. (2021). Benefits of increasing information accuracy in variable rate technologies. *Ecological Economics*, 185, 107047. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107047>
28. Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100776. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>
29. Agriculture Sensors & IoT Tracking Devices. (n.d.). *Digital Matter*. Retrieved from: <https://digitalmatter.com/applications/iot-agriculture-sensors/>
30. Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
31. Durian orchard spraying in vietnam with XAG P100 drone. (2023). *XAG Australia*. Retrieved from: <https://xag-au.com/xag-case-studies/durian-orchard-spraying-in-vietnam-with-xag-p100-drone>
32. Sergieieva, K. (2025). GIS for agriculture: Solutions, applications, benefits. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/>
33. Ndudzo, A., Sibanda Makuvise, A., Moyo, S., & Bobo, E. D. (2024). CRISPR-Cas9 genome editing in crop breeding for climate change resilience: Implications for smallholder farmers in Africa. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101132. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101132>
34. Chen, F., Chen, L., Yan, Z., Xu, J., Feng, L., He, N., Guo, M., Zhao, J., Chen, Z., Chen, H., Yao, G., & Liu, C. (2024). Recent advances of CRISPR-based genome editing for enhancing staple crops. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1478398>
35. Nestabilna robota navihatsii ta zaborona na poloty ahrodronomy. Rozbyraemo osnovni problemy tochnoho zemlerobstva pid chas viiny. (2023). *Latifundist.com*. Retrieved from: <https://latifundist.com/blog/read/2998-nestabilna-robota-navigatsiyi-ta-zaborona-na-poloti-agrodronomi-rozbirayemo-osnovni-problemi-tochnogo-zemlerobstva-pid-chas-viiny> [in Ukrainian]
36. Kazantsev, D. (2025). Na ahrokhodnyh MKhP Yuriia Kosiuka nevidomi khakery zdiisnyly naibilshu v istorii kompanii kiberataku. *Mezha.Media*. Retrieved from: <https://mezha.media/2025/01/22/na-kholdynh-mkhp-zdiisnyly-kiberataku/> [in Ukrainian]
37. Agricultural biotechnology annual: Ukraine. (2018). USDA Foreign Agricultural Service. Agricultural biotechnology annual: Ukraine. U.S. Retrieved from: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Kiev_Ukraine_10-30-2018.pdf
38. Ukraine farmers demand fewer restrictions on GM crops. (2023). Genetic Literacy Project. Retrieved from: <https://geneticliteracyproject.org/2013/11/18/ukraine-farmers-demand-fewer-restrictions-on-gm-crops>
39. Ukrainskyi ahrarnyi startap AgRE posiv druhe mistse na EIT Jumpstarter 2024 u katehorii ReBuild Ukraine. (2024). *Open4Business*. Retrieved from: <https://open4business.com.ua/ukrayinskyj-agrarnyj-startap-agre-posiv-drugе-misce-na-eit-jumpstarter-2024-u-kategoriyi-rebuild-ukraine/> [in Ukrainian]
40. Polishchuk, D. (2024). Innovatsiini tekhnologii v ahrosektori Ukrainy. *News IO*. Retrieved from: <https://io.ua/innovatsiini-tehnologiyi-v-agro-sektori-ukrayiny/> [in Ukrainian]

41. Koval, V. (2025). Bezbariarnist v ahrosetori cherez stvorennia rivnykh mozhlyvostei. *LB.ua*. Retrieved from: https://lb.ua/blog/vitalii_koval/677570_bezbariarnist_agrosetori_cherez.html [in Ukrainian]
42. Ovsienko, S. (2025). AgriTech v Ukraini: Tsyfrovizatsiia, robotyzatsiia ta rozvytok startapiv. *SPEKA.media*. Retrieved from: <https://speka.media/agritech-v-ukrayini-cifrovizatsiia-robotyzatsiia-ta-maibutnje-sektoru-pl46zq> [in Ukrainian]
43. Ahrosetor pislia trokh rokiv viiny: Vyklyky sohodennia ta plany na vidnovlennia. (2025). *UKAB*. Retrieved from: https://www.ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/agrosetor_pislya_trokh_rokiv_viyni_viklyki_sohodennia_ta_plani_na_vidnovlennia [in Ukrainian]
44. Velykyi, B. (2024). DroneUA doluchylasia do obhovorennia innovatsiinoi stratehii rozvytku ukrainskykh Agro-Tech ta Food-Tech sektoriv. *DroneUA*. Retrieved from: [https://drone.ua/blogs/news/droneua-joined-the-discussion-of-](https://drone.ua/blogs/news/droneua-joined-the-discussion-of-the-innovative-strategy-for-the-development-of-the-ukrainian-agro-tech-and-food-tech-sectors)
45. 5 AgTech tekhnolohii, yaki zminiat ukrainskyi ahrobiznes do 2030 roku. (2025). *Newsteka*. Retrieved from: [the-innovative-strategy-for-the-development-of-the-ukrainian-agro-tech-and-food-tech-sectors](https://newsteka.com/5-tehnologij-agtech-yaki-formuvatymut-agrobiznes-ukrayiny-u-2025-2030-rokah) [in Ukrainian]
<https://newsteka.com/5-tehnologij-agtech-yaki-formuvatymut-agrobiznes-ukrayiny-u-2025-2030-rokah> [in Ukrainian]

ORCID

A. Olkhovskyi 

<https://orcid.org/0009-0001-1991-6815>



2025 Olkhovskyi A. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.