

Агрономія точного землеробства

Прецизійне землеробство, відоме також як точне супутникове землеробство, виникло як інноваційний підхід до сільського господарства у другій половині XX століття

Олександр Циліурик,
д-р с.-г. наук, професор
Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет, кафедра
рослинництва

Ідея точного землеробства ґрунтується на впровадженні сучасних технологій, таких як супутникові системи, датчики та геопросторові аналізи, для оптимізації керування полями. Незважаючи на те, що цей підхід має відносно коротку історію, його вплив на сільське господарство стає все помітнішим.

На сучасному етапі розвитку сільського господарства прецизійне землеробство виконує головну роль у підвищенні ефективності виробництва та зменшенні впливу на навколишнє середовище. Застосування точних даних й аналітики дозволяє фермерам максимально використовувати потенціал кожного квадратного метра поля, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин.

Точне землеробство в майбутньому має хороші перспективи. Підвищення інтересу та застосування цієї методології свідчать про її важливість і потужний вплив на трансформацію галузі сільського господарства в напрямі сталого й інтелектуального виробництва харчових продуктів.

Точне землеробство має подібні напрями й цілі, як і традиційне землеробство. Його спрямовано на оптимізацію використання матеріальних і енергетичних ресурсів, ефективного застосування машин і використання часу, максимальну реалізацію потенціалу врожайності, поліпшення якості сільськогосподарської продукції, зменшення забруднення, збереження навколишнього середовища й боротьбу з ерозією.

Сучасні технології в дії

Основні аспекти точного землеробства — використання сучасних технологій, таких як глобальні позиційні системи (GPS), датчики, автоматизова-



ні машини й аналітика даних. Це дозволяє фермерам здійснювати точніше та більш раціональне керування процесами на полі.

Мета точного землеробства — не лише забезпечити високу ефективність виробництва, а й зробити це екологічно стійким шляхом. Цей підхід сприяє створенню сталого та відповідального сільського господарства, де максимально враховуються потреби сучасного суспільства та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

У науковій літературі термін «точне землеробство» набуває різноманітних визначень, але всіх їх об'єднує загальна ідея — це вдосконалена система аграрного менеджменту, що передбачає постійний моніторинг основних елементів виробничого циклу, зокрема ґрунту й рослин, за допомогою сучасних електронних технологій, застосування передової космічної навігаційної техніки, такої як система глобального позиціонування (GPS) за експлуатації сільськогосподарської техніки й інших засобів.

Точне землеробство насамперед орієнтовано на досягнення максимальної ефектив-

ності у виробничому процесі. Застосування сучасних електронних засобів, таких як GPS, дозволяє фермерам реалізовувати точне та раціональне ведення сільськогосподарської діяльності, враховуючи індивідуальні особливості кожної ділянки ґрунту й потреби кожної культури.

Однією з головних характеристик точного землеробства є наголос на найновіших технологіях, таких як супутникові системи та електронні датчики, що дозволяють збирати точні дані й використовувати їх для ухвалення ефективних управлінських рішень.

Точне землеробство є не лише еволюційним кроком у виробництві харчових продуктів, а й парадигмою, що сприяє стійкішому, ефективнішому та екологічно збалансованому підходу до сільського господарства.

Етапи процесу

Основа точного землеробства полягає у впровадженні диференційованого виконання операцій, яке базується на трьох основних компонентах:

1. Визначення координат агрегата:

- застосування радіо трилатерації або супутникової навігації від диференційованої глобальної системи позиціонування (DGPS) дозволяє точно визначати положення та координати сільськогосподарських машин на полі,
- цей етап забезпечує високу точність інформації про місце перебування, що є головним для подальшого виконання операцій.

2. Комп'ютеризована база даних:

- схожа на географічну інформаційну систему (ГІС) ця база даних містить повну інформацію, необхідну для створення електронних карт полів,
- вона складається з геопросторових даних, топографічних особливостей, історичних даних про вирощування культур, агрохімічний аналіз ґрунту й іншої інформації, що дозволяє здійснювати інтелектуальне керування землеробськими операціями.

3. Контрольовані елементи:

- ці елементи містять сучасні технології, які дозволяють сільському господарю виконувати різноманітні опе-



рації відповідно до електронних карт і планів,

- сільськогосподарські машини й обладнання оснащені системами автоматичного керування, що дозволяє точно виконувати завдання відповідно до попередньо розроблених алгоритмів і карт.

Ці три компоненти в поєднанні дозволяють ефективно впроваджувати принципи точного землеробства, підвищуючи ефективність й оптимізуючи всі аспекти сільського господарства.

Процес розвитку та впровадження сучасного прецизійного землеробства може бути розділений на чотири основних етапи:

1. Створення електронних карт полів:

- на першому етапі формується електронна карта, що детально охоплює характеристики кожного поля та його підрозділів,
- ця карта має точні відомості про границі полів, їх розміри й інші параметри.

2. Збирання інформації про господарство та поля:

- на цьому етапі проводять комплексне збирання інформації про господарство, зокрема площу, рельєф місцевості, фактичні та нормативні агрохімічні й агрофізичні властивості ґрунтового покриву, а також стан розвитку рослин і передбачувану врожайність.

3. Проведення аналізів програмним забезпеченням:

- на цьому етапі здійснюється аналіз зібраної інформації за допомогою програмного забезпечення,
- застосовують програми, які обробляють дані й розраховують оптимальні параме-

три для внесення добрив та інших ресурсів.

4. Надання команд для ухвалення рішень і диференційованого проведення операцій:

- на останньому етапі використовують чіп-карти технічних пристроїв у новітніх сільськогосподарських агрегатах,
- за допомогою цих карт фермер може видаляти команди для диференційованого проведення різних операцій, таких як унесення рідких і твердих мінеральних добрив або сівба зернових культур.

Такий системний підхід дозволяє використовувати точні дані та технології для максимально ефективного й раціонального сільськогосподарського виробництва.

Для забезпечення технічного впровадження елементів точного землеробства застосовують три основних компоненти:

1. Технології паралельного водіння:

- використання системи навігації GPS дозволяє забезпечити точне паралельне водіння машин і тракторних агрегатів під час виконання агротехнічних заходів, таких як унесення добрив, пестицидів, обробіток ґрунту або сівба,
- ця технологія гарантує високу точність виконання сільськогосподарських операцій.

2. Системи контролю в режимі онлайн:

- застосування систем контролю дозволяє в режимі онлайн відстежувати своєчасність і якість виконання конкретних операцій,
- моніторинг доз унесення добрив і засобів захисту

рослин здійснюється з урахуванням умісту елементів живлення в ґрунті й стану рослин, забезпечуючи ефективне використання ресурсів.

3. Електронні карти родючості ґрунтів:

- наявність електронних карт родючості ґрунтів для кожної ділянки поля дозволяє оптимізувати роботу бортового комп'ютера машин і тракторних агрегатів,
- ці карти формуються на основі відбору й аналізу ґрунтових проб, урахування вмісту основних і мікроелементів, агрофізичні показники, що дозволяє здійснювати розумне планування та виконання операцій у конкретних умовах поля чи ділянки.

На сучасному етапі розвитку прецизійного землеробства найбільший прогрес спостерігається в елементах технологій обробітку ґрунту, удобрення, гідромеліорації, а також у заходах із захисту рослин. Особливо широкого застосування досягли технології точного землеробства в контексті операцій оранки полів за участі тракторів, обладнаних GPS-навігаторами.

Значне поширення точних методів спостереження й контролю відбулося саме в операції оранки, де автоматизовані трактори, супроводжувані системами GPS, забезпечують ефективну й точну роботу. Однак, незважаючи на технологічний прогрес, застосування керованої людиною сільськогосподарської техніки є актуальним, вимагаючи від операторів спеціальних навичок.

Навчені та кваліфіковані оператори стають головним чинником у впровадженні точного землеробства. Навіть досвідчені трактористи, керую-

чи технікою із системами GPS, вдаються до додаткових заходів, як от повторний прохід на раніше обробленій ділянці, щоб уникнути пропусків і забезпечити якісну роботу на полі. Це свідчить про постійний стрімкий розвиток й адаптацію технологій точного землеробства в сучасному аграрному секторі.

У кінці 1990-х років систему автоматичного керування, базовану на даних GPS, почали активно впроваджувати спочатку в Австралії, а згодом — в США та Європі, забезпечуючи автономне керування машинами й тракторними агрегатами. Наприклад, в Австралії ця система використовує автоматизований рух техніки вузькими смугами для запобігання переущільненню ґрунту та збереження його структурного стану.

У Сполучених Штатах близько 40% добрив і хімікатів уносять у ґрунт завдяки різноманітним модифікаціям автоматизованих систем. Ці системи, оперуючи на основі даних GPS, не лише відстежують рух сільськогосподарської техніки, а й автоматично регулюють подачу насіння, добрив і хімікатів під час проходження вже обробленої ділянки поля. Це особливо значуще для полів із неправильною формою, де є великий ризик надлишкового внесення пестицидів чи висіву насіння в ґрунт, який не потребує обробки хімічними препаратами.

Тобто система автоматичного керування на основі GPS стала основним елементом оптимізації й підвищення ефективності сільськогосподарських процесів, сприяючи зменшенню втрат і забезпечуючи точність та ефективність сільськогосподарських операцій.

Кілька провідних компаній, таких як Amazone, Diadem, Case, Claas, Lely, Rotina й інші, досягли значних успіхів у впровадженні технічних рішень для точного землеробства. В Україні також спостерігається певний прогрес у розробленні компонентів точного землеробства, незважаючи на війну та ризики пов'язані із цим. Наприклад, створено експериментальний пристрій для обробітку ґрунту, основні принципи конструкції якого базуються на двох головних аспектах:

а) сепарація ґрунту після обробітку з формуванням оптимального агрегатного стану в шарі, де розташовується насіння;

б) узгодження швидкості обертання роторного органа з даними динамометра. Останній, працюючи в динамічному режимі, визначає опір ґрунту, реагуючи на його щільність, твердість і вологість, і автоматично адаптує швидкість обертання відповідно до цих параметрів.

У сучасному розвитку точного землеробства популярними є заходи ефективного контролю бур'янів у посівах польових культур, особливо в системах біологічного землеробства, де застосування хімічних засобів, таких як гербіциди, є забороненим.

Один із перспективних напрямів — це розробка та впровадження механічних заходів для ефективного контролю бур'янів. Культиватори, призначені для цих цілей, оснащують передовими сенсорними системами, такими як індекс біомаси рослин (NDVI), що дозволяє точно визначати різницю в біомасі між культурними рослинами та бур'янами.

Ці сучасні сенсорні технології дозволяють культиваторам вибірково знищувати бур'яни, уникаючи пошкоджень культурних рослин. Такий підхід дозволяє підтримувати високу продуктивність посівів за одночасного дотримання принципів біологічного землеробства та відмови від хімічних обробок.

Інноваційний напрям у розвитку прецизійного землеробства містить впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) різних модифікацій у сільськогосподарське виробництво. Використання БПЛА в сільському господарстві відкриває широкі можливості для оптимізації різних аспектів сільськогосподарського процесу.

БПЛА можуть вести регулярне фільмування посівів польових культур, збираючи інфор-

На сучасному етапі розвитку прецизійного землеробства найбільший прогрес спостерігається в елементах технологій обробки ґрунту, удобрення, гідромеліорації, а також у заходах із захисту рослин

мацію про потребу в поливі, необхідність унесення пестицидів, а також визначення оптимального часу для збирання врожаю та інших агротехнічних операцій. Однією з переваг БПЛА є їхні можливості працювати навіть за високої хмарності, що відрізняє їх від супутникових систем.

Незважаючи на операційні витрати та потребу в дозволах на застосування, комерційне використання БПЛА вже стає реальністю для аграріїв. Зокрема, їх можна ефективно застосовувати для моніторингу найцінніших культур, таких як сади, виноградники та інші господарські об'єкти. Запровадження цієї технології виробництва відкриває нові горизонти для точного й ефективного землеробства.

Стрімкий прогрес у розвитку та впровадженні технологій керування сільськогосподарською технікою за допомогою GPS відкриває безліч можливостей для автономізації аграрного обладнання. Уявімо тільки, як у недалекому майбутньому роботизована сільськогосподарська техніка знайде своє застосування у всьому світі, зокрема й в Україні. Ця техніка матиме здатність виконувати весь цикл

польових робіт, починаючи від обробки ґрунту та сівби й закінчуючи збиранням урожаю, без активної участі людини.

Переваги прецизійного землеробства

Роботизована сільськогосподарська техніка може стати не лише втіленням передових наукових і технічних розробок, а й важливим кроком у підвищенні продуктивності польових культур і загального сільськогосподарського виробництва. Роль сільського господаря може переорієнтуватися від фізичної праці до більш інтелектуальних завдань, таких як моніторинг і керування роботизованими машинами й технологіями.

Загалом прецизійне землеробство являє інноваційний підхід, який складається з низки важливих характеристик і приносить численні переваги:

- **Високоякісна та безпечна продукція.** Забезпечення вирощування високоякісної та безпечної сільськогосподарської продукції та сировини для промисловості є основною метою прецизійного землеробства;
- **Повна реалізація генетичного потенціалу.** Досягнення максимального використання генетичного потенціалу нових сортів і гібридів польових культур, щоб отримати програмовані й оптимальні урожаї;
- **Мінімізація впливу погодних умов:** Зменшення залежності продуктивності агроєкосистем від негативних погодних умов, таких як посухи, суховії, градобій та інші стресові ситуації;
- **Екологізація та біологізація технологій:** Забезпечення екологічності та біологічності технологій вирощування польових культур

на рівні агроєкосистем для збереження природного середовища;

- **Енергоефективність.** Зменшення витрат енергетичних ресурсів на кожну одиницю продукції, що призводить до підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності;
- **Сповільнення забруднення та руйнування навколишнього середовища.** Суттєве зменшення або повна відсутність забруднення та руйнування природного середовища, сприяючи екологічно чистому землеробству.

Прецизійне землеробство створює новий стандарт для ефективного та стійкого сільськогосподарського виробництва, сприяючи збалансованому співвідношенню між людством, природою та сільськогосподарським виробництвом.

Швидкість і розгортання точного землеробства в Україні буде головним чином визначатися економічною доцільністю, наявністю доступних на ринку засобів механізації та спеціалізованого обладнання, а також рівнем підготовки агрономічного персоналу щодо цього питання.

Основним критерієм для ефективного впровадження точного землеробства в агропромисловий сектор України буде висока економічна обґрунтованість. Розв'язання цього завдання передбачатиме не лише вартість впровадження нових технологій, а й їхню потенційну вигоду для аграрних підприємств.

Крім того, успішне впровадження великою мірою залежатиме від доступності та різноманіття технічних рішень для точного землеробства на ринку. Наявність різноманітних і доступних засобів механізації та спеціалізованого обладнання значно спростить процес адаптації для аграрних підприємств.

До того ж визначальним чинником буде готовність агрономічного персоналу до впровадження точних землеробських методів. Відповідна підготовка й навички використання новітніх технологій стануть важливим елементом успішної імплементації точного землеробства в сучасну аграрну практику.

Загалом ефективне впровадження точного землеробства в Україні залежатиме від балансу між економічною доцільністю, наявністю технічних рішень і готовністю агрономічного персоналу до нових викликів у галузі сільського господарства.

AC

