

СУЧАСНЕ УПРАВЛІННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ У РОСЛИННИЦТВІ

В. П. Гарам,

Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління, Київ

А. О. Пашко,

факультет інформаційних систем і технологій, Європейський університет, Київ

Надійшла до редакції 02.03.05

Резюме: Розглянуті можливості підвищення продуктивності однієї із основних галузей сільськогосподарського виробництва — рослинництва за рахунок впровадження інформаційних технологій управління процесом вирощування продукції. Показано, що впровадження в рослинництво інформаційних технологій відповідає сучасним тенденціям удосконалення управління виробничими процесами, забезпечує при відносно невеликих витратах суттєве збільшення продуктивності, покращання інших показників у рослинництві.

Ключові слова: рослинництво, інформаційні технології, формування врожаю, управління, інформатизація.

Гарам В. П., Пашко А.О. СОВРЕМЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.

Резюме: Рассмотрены возможности повышения отдачи одной из основных отраслей сельскохозяйственного производства — растениеводства путем внедрения информационных технологий управления процессом выращивания продукции. Показано, что внедрение в растениеводство информационных технологий отвечает современным тенденциям совершенствования управления производственными процессами, обеспечивает при относительно небольших затратах существенное увеличение продуктивности, улучшение других показателей растениеводства.

Ключевые слова: растениеводство, информационные технологии, формирование урожая, управление, информатизация.

Garam V. P., Pashko A.O. MODERN CONTROL OF AGROTECHNICAL PROCESSES IN THE PLANT GROWING.

Abstract: It is considered productivity increasing possibility of growing which is one of main agricultural production branches by control growing production process date technology. It is shown, that date technology installation in plant growing is present process control in manufacture. It is essential increasing of plant productivity with small expenditure, improvement other plant significant.

Keywords: plant growing, information technologies, forming of the yield, control, informatization.

Бурхливий розвиток в останні роки обчислювальної техніки та інформаційних технологій, точних геоінформаційних та картографічних систем створив умови для поширення досягнень інформатизації на сферу виробництва продукції рослинництва з метою його оптимізації.

На сьогоднішній день можливості екстенсивного та інтенсивного розвитку рослинництва практично вичерпані. Почали діяти принципові обмеження: порушується екологічна рівновага, росте забруднення навколишнього середовища, знижується якість продукції. Гостро постала проблема розумного використання наявних природних ресурсів, збереження їх для наступних поколінь. Все це має місце і в нашій державі. До того ж складнощі додає те, що Україна відноситься до зон ризикованого землеробства.

Основні можливості збільшення продуктивності рослинництва тепер пов'язують із суворим виконанням рекомендацій науково обгрунтованої інтенсивної технології щодо вимог за часом, місцем та кількістю витратних матеріалів на проведення операції. Сприяти дотриманню цих вимог повинне належне інформаційне забезпечення.

Поглибленню зваженого наукового підходу до управління формуванням врожаїв приділяють велику увагу в усіх розвинених країнах світу. Не стоять осторонь цього процесу і фахівці України. Відомі численні праці вчених НАУ, інститутів Української академії аграрних наук (УААН) та інших наукових закладів. Накопичено величезну кількість корисної інформації щодо особливостей застосування в умовах України інтенсивних технологій у рослинництві. Проте її використання у більшості випадків не орієнтоване на використання можливостей новітніх інформаційних технологій.

Не зважаючи на теперішній кризовий стан сільського господарства України, впро-

вадження сучасних інформаційних технологій актуальне і неминуче. Воно вже почалося у найбільш міцних сучасних господарствах, число яких в Україні неупинно зростає. Зрозуміло, що впровадження потребує витрат, розробок, виробництва та поставок відповідної техніки, але все це цілком під силу науковцям та виробничникам України при достатній підтримці з боку держави та зацікавлених кіл.

Застосування інформаційного підходу до управління дозволяє на основі науково обгрунтованої технології для обраної культури визначити та реалізувати у господарстві оптимальну технологію формування врожаю, адаптовану до місцевих умов. Її практична реалізація пов'язана із суворим контролем за фактичним ходом агротехнологічного процесу, накопиченням та врахуванням місцевого досвіду. Слід зазначити, що система виявляється цілеспрямованою на ґрунто-кліматичні умови регіонів України, що унеможливорює застосування аналогічних закордонних систем без їх принципового переналаджування.

Іншою важливою особливістю системи управління формуванням врожаю у рослинництві є висока невизначеність інформації про кінцевий вплив збурюючих факторів і управлінь та обмежені можливості управляючих дій. Висока інформаційна невизначеність практично виключає автоматичне прийняття рішень щодо наступних управлінь і змушує будувати апаратно-програмні засоби як систему підтримки прийняття рішень (СППР) особою, що відповідає за кінцевий результат. Тобто, в системі слід обчислювати варіанти управляючих дій з їх наслідками і надавати багатоваріантні розрахунки особі, що приймає рішення (ОПР), яка на основі цих даних, накопичених у системі різнобічної інформації та багаторічного експертного досвіду, повинна визначитися із варіантом наступних дій.

Інформація про об'єкти технологічного процесу та їх відносини складає основу розвиненої бази даних (БД) системи. До баз знань (БЗ) відносять науково обгрунтовані районовані технології, що складені за рекомендаціями українських регіональних дослідно-селекційних станцій, алгоритми обчислень параметрів процесу та прийняття рішень, а також динамічні моделі об'єктів агротехнологічного процесу (стану ґрунту, погоди, розвитку рослин і т. і.).

Стрижнем процесу управління стає адаптована до умов господарства інтенсивна технологія вирощування вибраної культури, що визначає оптимальні дії виробника у часі, обсязі та місці проведення робіт.

Формування врожаю можна розглядати як процес P , запрограмований у спадкових якостях рослини, який проходить під впливом багатьох випадкових збурюючих факторів Z_i – відхилень агрофізичних та хімічних характеристик ґрунту, погоди, фітосанітарного стану поля від очікуваних середніх для даного регіону. Управління U_j направлене на нівелювання негативних факторів та досягнення вагомих кінцевих економічних добутків W_k і полягає у визначенні строків t_j , обсягів k_j та місць m_j агротехнологічних дій, що ведуть до збільшення W_k в умовах даного господарства.

Формально оптимізацію управління можна визначити залежністю

$$\max W_k = f(S_i(t, Z_i, U_i) + N_i), \\ \{U_i(t, m, k)\}$$

де W_k – прогнозовані кінцеві економічні здобутки від агротехнологічних дій, визначені як різниця між вартістю приросту врожаю $W_{\Delta u}$ та додатковими витратами на їх проведення W_v ; S_i – стан рослин в кінці i -ої стадії розвитку; N_i – діючі у системі похибки (шуми), t – поточний момент часу.

На кожній стадії процесу і для виходу на стан S_i необхідно визначити вектор управління $U_j(t, m, k)$, необхідний для досягнення максимуму W_k , а також час виходу на закінчення фази i . Критерієм для визначення доцільності агротехнологічних дій є зростання кінцевого показника W_k , який прогнозується на кінцевий момент часу. Для розрахунку прогнозованого W_k використовуються математичні моделі динаміки об'єктів процесу.

Агроному надається прогнозна інформація з оцінкою економічних характеристик варіантів дій за критерієм оптимальності з відображенням результатів на екрані користувача. Будь-які порушення адаптованої технології пов'язані з суттєвими втратами.

Так, відхилення строків висіву озимої пшениці від оптимального лише на один день може викликати втрату до 2 ц врожаю на гектар. Обмеженість можливостей управління при сильних проявах збурюючих факторів робить процес неповністю керованим і може привести до повної втрати кінцевого продукту.

Схема взаємодії елементів системи раціонального землеробства із застосуванням інформаційних технологій наведена на рис. 1. З рисунку видно, що до комплексу управління ходом технологічного процесу із механізованим виконанням агротехнологічних операцій додатково входять автоматизоване робоче місце (АРМ) агронома, яке являє собою експертний інформаційно-обчислювальний комплекс і є найбільш інформаційно насиченою частиною системи, та бортові засоби управління МТА, що об'єднують навігаційні засоби і засоби формування сигналів управління робочими органами агрегатів, призначених для проведення основних технологічних робіт за програмами, складеними на АРМ агронома і занесеними на агротехнологічні електронні карти (АТЕК).

Повний комплекс задач управління у рослинництві охоплює:

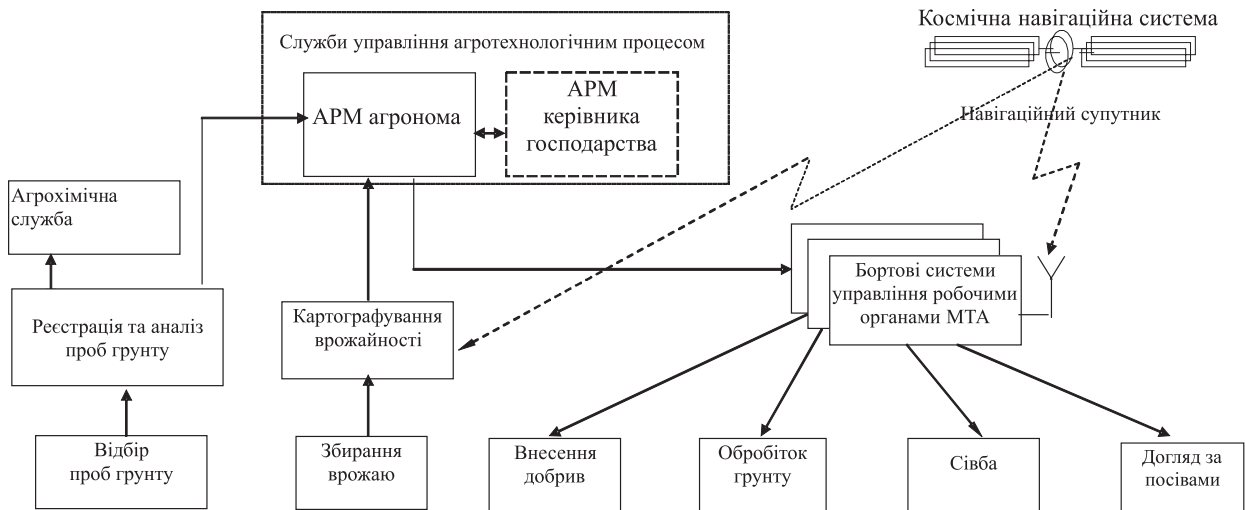


Рис. 1. Управління агротехнологічними роботами у рослинництві на базі інформаційних технологій

- економічне планування;
- технологічне планування;
- моніторинг процесу ведення агротехнологічних робіт.

Економічне планування забезпечує визначення пріоритетів розподілу ресурсів (землі, фінансів, техніки, матеріалів) на поточний рік для досягнення бажаних результатів. Воно забезпечується верхнім рівнем управління господарством і до АРМ агронома не входить.

Технологічне планування здійснює формування адаптованої технології виробництва культури у господарстві на основі даних економічного планування, особливостей та можливостей господарства, визначає строки, обсяги та місця проведення робіт.

Моніторинг забезпечує контроль за дотриманням технології при роботах у полі, прогноз врожаю та корективи запланованих дій, спрямовані на врахування реальних

умов, які складаються у вегетаційний період. Моніторинг охоплює увесь комплекс робіт, включаючи організацію збирання врожаю та підбиття підсумків господарського року [6].

Математична модель процесу формування врожаю у системі може бути досить простою. Визначається послідовність фаз розвитку R рослин, суттєвих для оптимізації управління. Так, Дмитренко В. П. узагальнює окремі з 12 відомих для озимої пшениці фаз розвитку і розглядає 7, а для цукрового буряка – 5 найбільш суттєвих фаз [7]. Важливими для управління вважаємо строки виходу культури у наступну фазу і та якість посівів (стан рослин) S_i у кінці фази в наслідок впливу збурюючих чинників Z_i на протязі даної фази. Для спрощення моделі можливо перейти до узагальнених оцінок стану посівів у конкретній фазі: хороший, задовільний, незадовільний, а також катастрофічний – посіви загинули.

Таким чином,

$$S_{ki} = f(\kappa, t, Z, U),$$

де S_{ki} — стан розвитку κ -ої культури у кінці стадії i .

Якщо розглянути множину факторів управління U , то впадає в очі дискретний характер моментів їх використання: значна їх частина (вибір сорту, підготовка насіння, удобрення, хіммеліорація, обробіток ґрунту) взагалі відносяться до передпосівного періоду, інші – до окремих фаз розвитку рослин (боротьба із бур'янами, шкідниками та хворобами, підживлення). На основі знань про реальний стан рослин S_i у кінці контрольованої стадії i , прогнозу впливу відхилень природно-кліматичних факторів Z_i , а також, визначивши вектор управляючих дій U , можна оцінити прогнозований результат (врожай) W_u і ефективність технологічної дії U_j . Ці оцінки надаються ОПР інформаційною системою і дають можливість визначити доцільність параметрів технологічних дій.

Тобто, адаптована технологія, сформована агрономом шляхом послідовного аналізу рекомендованих операцій лягає в основу календарного планування робіт та визначення їх параметрів. Виконання робіт постійно контролюється і коригується у відповідності із станом об'єктів технологічного процесу та погодно-кліматичними особливостями року. Це підвищує точність дотримання вимог агротехнологічного процесу і складає основу підвищення економічних показників господарювання.

Важливими для роботи агронома виявляються також інформаційні та інші допоміжні можливості системи, що полегшують виконання його обов'язків: повні і легко доступні дані про ресурси господарства, нормативні вимоги, дані про виконання робіт на полях, місцезнаходження та режими робіт МТА, тощо, а також автоматизація випуску агротехнологічної та звітної документації.

Автоматичне управління режимами МТА

за допомогою АТЕК забезпечує високий рівень автоматизації робіт у полі і практично не збільшує навантаження на механізатора.

Найбільш інформаційно складна частина системи – система підтримки прийняття рішень (СППР) агронома. Структурна схема СППР агронома наведена на рис. 2.

Операційну основу системи підтримки рішень агронома складає комплекс програм, який забезпечує обробку даних, діалог із користувачем, документування та контроль за реалізацією рішень.

На жаль, отримання вимірювальної інформації про стан сільськогосподарських об'єктів досить складна задача, що визначається великою протяжністю об'єктів робіт та іншими специфічними факторами. Нестача вимірювальної інформації і приводить до значної невизначеності результатів. Практично велика частина даних формується на основі спостережень агронома. Автомати-

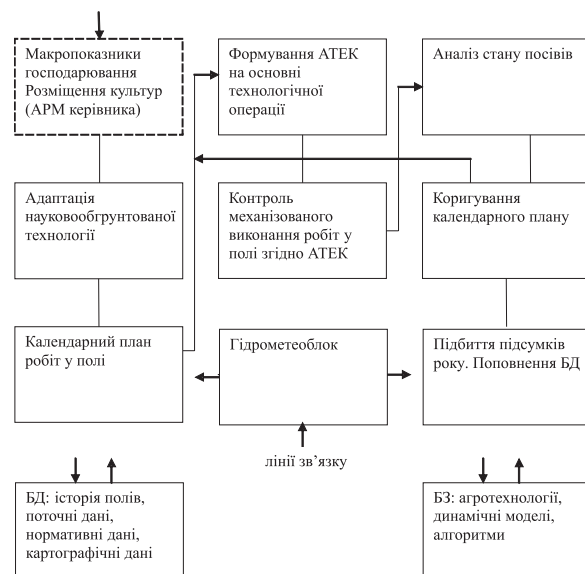


Рис. 2. Функціональний склад системи підтримки прийняття рішень агрономом

зація процесу отримання оперативної інформації про стан посівів залишається проблемою, яку ще належить вирішити.

Основні задачі, що повинна виконувати СППР агронома, наступні:

- побудова електронних планів полів господарства;
- оцінювання та картографування вмісту поживних речовин у полях;
- визначення змінних норм витратних матеріалів;
- розрахунок норм внесення мінеральних добрив;
- випуск АТЕК механізованого виконання операцій за допомогою МТА;
- контроль ходу виконання агротехнологічної операції та місцезнаходження МТА;
- випуск поточної і звітної агротехнологічної документації.

Наведений перелік забезпечує підтримку рішень агронома на всіх етапах технологічного циклу, випуск агротехнологічної, а також звітної документації.

Впровадження інформаційних технологій в управління формуванням врожаю гарантує:

- більш точне дотримання агротехнологічних строків проведення робіт,
- раціональне використання земельних ресурсів,
- зменшення кількості витратних матеріалів,
- покращання організації технологічних робіт та використання техніки,
- узагальнення досвіду господарювання.

При правильному використанні системи інформаційна технологія в управлінні забезпечує підвищення продуктивності рослинництва в середньому по господарству на 20–30 %.

Побудова інформаційних систем для управління процесом виробництва у рослинництві здійснюється у ЦНДІ навігації та управління (ЦНДІ НіУ), а також в інших організаціях (НАУ, УкрНДІПВТ).

ЦНДІ НіУ співпрацює із рядом провідних наукових установ аграрної науки (НАУ, ІЗ та ІЦБ УААН), проектувальників та виробників сільськогосподарської техніки (УкрНДІПВТ, концерн "Лан", МСНПП "Клен" та інш.). Така співпраця забезпечує як гідний рівень наукових розробок, так і перспективи їх швидкого впровадження. Важливою перевагою розробок є комплексне вирішення проблем управління на різних рівнях від господарства і виробничої ділянки до працюючого у полі МТА.

На цей час в ЦНДІ НіУ за підтримкою і участю УкрНДІПВТ розроблено і випробувано дослідний зразок системи підтримки рішень агронома "Унава" для занесення та картографування результатів агрохіманалізу, розрахунку норм мінеральних добрив, побудови електронних карт-завдань для розкидача добрив, картографування врожайності поля і відповідні бортові системи точного місцевизначення МТА і управління його робочими органами.

ВИСНОВКИ

Впровадження інформаційних технологій у процес формування врожаїв:

- дає суттєвий економічний ефект;
- є найбільш простим і дешевим засобом збільшення виробництва рослинницької продукції;
- позитивно впливає на екологію та якість продукції;
- спрощує та полегшує працю агроспеціалістів;
- не вимагає суттєвих змін у поширених комплексах машин для рослинництва і значних капітальних витрат;

– відповідає сучасним світовим тенденціям удосконалення технологічних процесів у рослинництві.

Значимість вказаної роботи для економіки, продовольчої забезпеченості та екологічної безпеки України при підтримці її зацікавленими відомствами та виробниками – запорука безумовного впровадження у рослинництво України передових інформаційних технологій на основі досягнень вітчизняної аграрної науки та розробок засобів управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В. та ін.** Методи реалізації системи точного землеробства // Науковий вісник Національного аграрного університету. — 1998. — №9.
2. **Кравчук В.І., Баранов Г.Л.** Технічні проблеми точного землеробства в Україні // Вісник аграрної науки. — 2000. — №9.
3. **Ромашенко М.І. та ін.** Концептуальні засади організації інформаційного забезпечення точного землеробства на меліорованих землях // Вісник аграрної науки. — 2002. — №4.
4. **Ушкаренко В.О., Міхеев Є.К.** Система точного землеробства як об'єкт управління // Вісник аграрної науки. — 2002. — №4.
5. **Погорілий Л.В., Пашко А.О. та ін.** Концепція створення гнучких технічних систем і керованого екофільного землеробства // Техніка АПК. — 2003. — №8.
6. **Кошовий А.А.** Інформатизація — важливий резерв підвищення продуктивності рослинництва // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції УкрНДІПВТ, 2003.
7. **Дмитренко В.П.** Методическое пособие по анализу и количественной оценке агрометеорологических условий выращивания зерновых культур. — Л.: ГМИ, 1980.