

УДК 631.3:631.174

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ**

**Г. И. Личман**, докт. техн. наук, ВИМ, Россия; **Н. М. Марченко**, докт. техн. наук; **И. Г. Смирнов**, ГНУ, канд. с.-х. наук ВИМ, Россия

*Висвітлено основні напрями наукових досліджень, спрямованих на підвищення ефективності технології диференційованого внесення добрив шляхом удосконалення елементів точного землеробства.*

***Ключові слова:** точне землеробство, відбір ґрунтових проб, програмне забезпечення.*

**Введение.** Сельскохозяйственные товаропроизводители в течение последнего десятилетия пользуются преимуществами новых технологий, включая информационные технологии для повышения эффективности сельскохозяйственного производства [1, 2]. К информационным технологиям относится технология точного земледелия, которую можно сформулировать следующим образом «Точное земледелие — интегрированная информационная и производственная с.-х. система, направленная на оптимизацию долговременной, изменяющейся в рамках всего хозяйства продуктивности при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду».

Реализация концептуальных положений, заключенных в точном земледелии, обеспечит увеличение производства сельскохозяйственной продукции, снижение затрат на единицу продукции и загрязнение окружающей среды. Несмотря на достигнутые результаты в разработке методологии точного земледелия, технических средств и программного обеспечения необходимы дальнейшие исследования, направленные на повышение эффективности и привлекательности для товаропроизводителей данной технологии.

**Матеріали и метод.** При написании данной статьи были использованы обзорные материалы ФГНУ «Росинформагротех», сельскохозяйственной библиотеки РАСХН, электронных библиотек университетов США и результаты многолетних исследований отдела космического мониторинга и технологий точного земледелия.

**Результаты исследований и обсуждение результатов.** Основными составляющими точного земледелия являются: получение информации о состоянии поля и растений в соответствующем масштабе и соответствующей частотой; анализ и интерпретация полученной информации; разработка и реализация принятых на ее основании решений.

Наиболее существенной особенностью точного земледелия является то, что при принятии решений учитывается пространственная и временная изменчивость параметров, характеризующих состояние системы «почва-растение». Ключевое отличие технологий дифференцированного воздействия на систему «почва-растение» от традиционных технологий заключается в том, что в рамках новой технологии получают большие массивы информации из многочисленных источников, анализируют ее и на основе анализа принимают решения о формах и уровне воздействия на систему. Поэтому на первом этапе разработки системы точного земледелия фундаментальные и прикладные исследования ученых должны быть сосредоточены на решении проблемы *информационного обеспечения* точного земледелия, включающей [2]:

- изучение пространственной и временной вариабельности параметров плодородия и влияния ее на урожайность сельскохозяйственных культур и состояние растений;
- разработку новых способов отбора почвенных проб и методов обработки получаемых данных, позволяющих получать достоверную информацию о поле;
- разработку датчиков для измерения урожайности с.-х. культур в глобальной системе позиционирования;
- разработку датчиков для измерения параметров плодородия почвы в реальном масштабе времени;
- разработку систем дистанционного зондирования для оценки состояния почвы, посевов и управления технологическими процессами дифференцированного воздействия на систему «почва — растение».

Следующей, не менее важной проблемой является разработка методов анализа, визуализации информации и принятия оптимальных управленческих решений, включающих:

- разработку статистических и геостатистических методов количественной оценки пространственной и временной изменчивости параметров плодородия поля;
- разработку моделей роста и развития с.-х. растений для целей точного земледелия;
- установление связи между пестротой параметров плодородия, природно-климатическими условиями, дозой внесения удобрений и урожайностью сельскохозяйственных культур, моделирование;
- разработку методов принятия оптимальных управленческих решений по дифференцированному воздействию на систему «почва — растение» с целью получения планируемой урожайности с.-х. культур.

Эффективность точного земледелия во многом зависит от того, насколько успешно будут реализованы принятые оптимальные решения. Для успешной *реализации технологии точного земледелия* необходимы [1]:

- разработка технологии и технических средств дифференцированного воздействия на систему «почва — растение»;
- разработка систем контроля и управления технологическим процессом дифференцированного внесения минеральных удобрений в соответствии с электронной картой в принятой системе позиционирования;
- оценка эффективности точного земледелия и влияния его на окружающую среду;
- разработка технологического регламента дифференцированного внесения удобрений;
- разработка интегрированных подходов к внедрению координатного земледелия в сельскохозяйственное производство.

Одним из приоритетных направлений является разработка датчиков, позволяющих получать информацию в реальном масштабе времени при движении агрегата по полю [3]. Особенно такие датчики необходимы для изменения параметров, которые быстро меняются во времени, такие, например, как содержание азота в почве, влажность почвы. В настоящее время разрабатываются датчики и частично используются для:

- *оценки свойств почвы* (структура почвы, и ее физические свойства; содержание элементов питания);
- *оценки состояния посевов* (густота посевов; подверженность растений стрессам; обеспеченность растений элементами питания);
- *мониторинга урожайности* (ширина захвата уборочного агрегата; влажность зерна);
- *контроля дифференцированного внесения удобрений* (расход удобрений; обнаружения сорняков) [3].

**Выводы.** Выполненный анализ прикладных и фундаментальных исследований по точному земледелию позволил определить ряд направлений дальнейших исследований:

1. Необходимо расширить исследования по разработке методики мониторинга посевов с целью определения потребности растений в питательных элементах, особенно азоте, влаге, наличия сорняков и вредителей растений с изложением требований к интенсивности и качеству обследования в зависимости от культуры, хозяйства, региона. Для повышения эффективности мониторинга необходимо проводить почвенную и листовую диагностику, используя современные методы получения информации, требуемой для построения карт состояния почвы и посевов.
2. Усилия ученых должны быть сосредоточены на разработке алгоритмов, программных комплексов для расчета оптимальных доз удобрений под планируемую урожайность. Использование существующих рекомендаций по применению удобрений не позволяют оптимизировать дозы при дифференцированном их внесении [2].
3. Первоочередной задачей в устранении этих недостатков является разработка новых методов составления почвенных карт, базирующихся на использовании современных технологий, таких как GIS, GPS, дистанционное зондирование, моделирование рельефа поля с целью создания карт масштабом 1:5000. Исследования по точному земледелию показали, что данные о рельефе местности имеют большое значение, особенно при определении зон воздействия. Существует сильная корреляционная зависимость между рельефом местности, дозами внесения удобрений, распределением сорняков и урожайностью. Топографические карты необходимого масштаба отсутствуют.

4. Особый интерес представляют исследования по оценке экономической эффективности точного земледелия и, в частности, дифференцированного применения удобрений и других средств химизации. По этому направлению исследований ведутся горячие дискуссии. Ищутся пути снижения затрат на выполнение операций по дифференцированному воздействию на систему «почва — растение».
5. Необходимо продолжить исследования по разработке экономико-математической модели технологического процесса дифференцированного применения удобрений для анализа эффективности дифференцированного применения удобрений, в которой можно было бы менять функции отзывчивости, затраты на дифференцированное внесение удобрений, получение информации, учитывать затраты, связанные с загрязнением окружающей среды. Необходимо провести исследования модели на чувствительность к типу функций отзывчивости, к изменению цены на получаемую продукцию, к уровню внутривариационной изменчивости параметров плодородия, точности получаемой информации и качеству выполнения технологического процесса дифференцированного внесения удобрений.
6. Для реализации технологии дифференцированного воздействия на систему «почва — растение», как сложной системы, необходима разработка программного обеспечения (ПО), включающего подпрограммы:
  - формирования банка данных о пространственной и временной изменчивости параметров плодородия и состоянии посевов;
  - установления функциональных зависимостей (функций отзывчивости) между наличием питательных элементов в почве, их изменчивостью и урожайностью сельскохозяйственных культур;
  - обоснования оптимальных доз дифференцированного внесения удобрений с учетом выбранных функции цели, допущений и ограничений;
  - формирования электронных карт дифференцированного внесения удобрений в принятой системе позиционирования;
  - контроля и управления технологическим процессом ДВУ.

При разработке программного обеспечения (ПО), прежде всего, необходимо обосновать факторы, которые влияют на урожайность, создать банк данных. Управляемость системой «почва — растение» тем выше, чем большее количество факторов учитывается. Все параметры должны быть

жестко привязаны к выбранной системе координат. В настоящее время еще не разработаны научные основы для создания компьютерных программ дифференцированного применения удобрений, отсутствуют методики сбора и обработки первичной информации, необходимой для создания банка данных о пестроте параметров плодородия поля. Существующие экспертные системы, как правило, относятся к традиционным системам ведения сельскохозяйственного производства или анализу природных ресурсов. Они в основном направлены на решение частных вопросов. Поэтому перед учеными стоит задача на основе системного подхода разработать программный комплекс дифференцированного внесения удобрений, интегрирующий технологии, технические средства, существующие программы и системы принятия решений в единую систему принятия оптимальных управленческих решений. Он должен быть надежным, удобным в использовании, объединять экспертные оценочные и статистические модели.

7. С целью повышения эффективности удобрений за счет более качественного их внесения необходимо разрабатывать машины для локального внутрипочвенного дифференцированного внесения как минеральных, так и органических удобрений, стандартов на машины, системы контроля и управления технологическим процессом, математическое обеспечение. Большинство существующих машин предназначено для поверхностного разбросного внесения удобрений. При их модернизации они могут быть использованы для дифференцированного внесения удобрений. До настоящего времени отсутствуют надежные методы калибровки машин, для дифференцированного внесения средств химизации с учетом времени запаздывания внесения удобрений по сравнению с моментом поступления сигнала с бортового компьютера на исполнительные рабочие органы. Такое запаздывание приводит к тому, что происходит смещение дозы внесения на соответствующие участки поля по сравнению с электронной картой [4].
8. В настоящее время учеными развитых стран (США, Япония, Франция) все больше и больше внимания уделяется разработке систем вождения мобильных агрегатов с использованием спутниковых навигационных систем (DGPS). В настоящее время фермер затрачивает до 80 % времени на

вождение мобильных агрегатов (трактора, комбайна, опрыскивателя и т. д.). Только 20 % времени остается для оценки качества выполняемой им работы. С целью облегчения труда фермера разработаны системы вождения трактора с использованием DGPS. Использование такого трактора на выполнении сельскохозяйственных операций, по мнению разработчиков, позволит:

- облегчить работу фермера;
  - больше времени уделять настройке, калибровке техники, контролю качества выполнения операций;
  - повысить точность выполнения операций, посредством исключения ошибок при перекрытии смежных проходов;
  - повысить скорость выполнения технологических операций.
9. Для быстреего введения в сельскохозяйственный оборот системы точного земледелия следует внести соответствующие изменения в программах с.-х. учебных заведений, организовать проведение семинаров по обучению агрономов, консультантов элементам точного земледелия.

## **Библиография**

1. *Егоров В. Г., Леонова Е. В. и др.* Некоторые аспекты технического и компьютерного обеспечения точных технологий производства зерна в ЦРНЗ. АгроЭкоИнфо, — 2010. — № 2(7). [www.agroekoinfo.narod.ru/journal/STATY/2010/2/](http://www.agroekoinfo.narod.ru/journal/STATY/2010/2/).
2. *Измайлов А. Ю., Личман Г. И., Марченко Н. М.* Точное земледелие — проблемы и пути решения // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2010. — № 5. — С. 9-14.
3. *Измайлов А. Ю., Хорошенков В. К.* Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2011. — № 4. — С. 9-12.
4. *Личман Г. И., Марченко Н. М., Колесникова В.А., Марченко А. Н.* Переходные режимы дозирующих органов машин для внесения удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2010. — № 4. — С. 30-33.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ**

*Рассмотрены основные направления научных исследований, направленных на повышение эффективности технологии дифференцированного внесения удобрений посредством совершенствования элементов точного земледелия, входящих в технологию.*

**Ключевые слова:** точное земледелие, отбор почвенных проб, программное обеспечение

## **MAIN DIRECTIONS OF FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH ON PRECISION FARMING**

*Basic directions of the scientific research, directed to the increase of the efficiency of the technology of the site-specific application of fertilizers through the improvement of elements of precision agriculture included in the technology.*

**Key words:** precision agriculture, sampling, software.