

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. С. ПЕТРУСЕНКО, Г. О. ИВАНЧИКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 26.02.2024)

В условиях растущего населения и изменяющегося климата сельское хозяйство становится важным элементом обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития. Внесение удобрений в почву является ключевым моментом в процессе сельскохозяйственного производства, но неэффективное использование удобрений может привести к экологическим проблемам и потере урожая. В данной статье исследуется применение сенсорных технологий для оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву и их влияние на экономическую эффективность и экологическую устойчивость сельского хозяйства. Рассматривается использование сенсоров для мониторинга состояния почвы и определения ее питательных потребностей, что позволяет точно определить дозировку и распределение удобрений. Сельское хозяйство является ключевым сектором экономики многих стран, и эффективное использование удобрений играет важную роль в повышении урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. В данной статье мы рассматриваем применение сенсорных технологий для оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву. Мы анализируем влияние этих технологий на уровень затрат, урожайность и экологическую устойчивость сельского хозяйства.

Обсуждаются экономические выгоды применения сенсорных технологий, такие как снижение затрат на удобрения и увеличение урожайности, а также их вклад в экологическую устойчивость сельского хозяйства, включая сокращение загрязнения почвы и водных ресурсов. Наконец, делается вывод о том, что использование сенсорных технологий в сельском хозяйстве представляет собой эффективный и перспективный подход к оптимизации процесса удобрения почвы, способствуя устойчивому развитию сельского хозяйства в условиях изменяющейся среды.

Ключевые слова: сенсорные технологии, удобрения, сельское хозяйство, эффективность, экологическая устойчивость.

With a growing population and a changing climate, agriculture is becoming an important element in ensuring food security and sustainable development. Fertilizing the soil is key to agricultural production, but ineffective use of fertilizers can lead to environmental problems and crop loss. This article explores the use of sensor technologies to optimize the application of solid granular mineral fertilizers to the soil and their impact on the economic efficiency and environmental sustainability of agriculture. The use of sensors to monitor the condition of the soil and determine its nutritional needs is considered, which makes it possible to accurately determine the dosage and distribution of fertilizers. Agriculture is a key sector of the economy of many countries, and the efficient use of fertilizers plays an important role in increasing the yield and quality of agricultural products. In this article, we analyze the use of sensor technologies to optimize the process of applying solid granular mineral fertilizers to the soil, and also analyze the impact of these technologies on the level of costs, yields and environmental sustainability of agriculture.

The economic benefits of sensor technologies, such as reduced fertilizer costs and increased yields, are discussed, as well as their contribution to environmental sustainability in agriculture, including the reduction of soil and water pollution. Finally, it is concluded that the use of sensor technologies in agriculture represents an effective and promising approach to optimize soil fertilization, promoting sustainable agricultural development in a changing environment.

Key words: sensor technologies, fertilizers, agriculture, efficiency, environmental sustainability.

Введение

Сельское хозяйство является неотъемлемой частью жизни общества и занимает ключевое место в мировой экономике. Оно обеспечивает население продовольствием, сырьем для промышленности, а также создает рабочие места и способствует развитию сельских территорий. Однако, с увеличением населения планеты и изменением климатических условий, перед сельским хозяйством стоят все более сложные вызовы.

Одним из ключевых факторов, влияющих на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, является состояние почвы и ее плодородие. Для достижения оптимальных результатов необходимо обеспечить почву необходимыми питательными элементами. Внесение удобрений – основной метод улучшения плодородия почвы. Однако, неэффективное использование удобрений может привести к ряду негативных последствий, включая загрязнение почвы и водных ресурсов, снижение урожайности, а также экономические потери для сельскохозяйственных предприятий [1].

Сенсорные технологии в последние десятилетия стали широко применяться в сельском хозяйстве с целью повышения эффективности производства и улучшения качества продукции. В частности, использование сенсоров для мониторинга состояния почвы и определения ее питательных потребностей позволяет сельхозпроизводителям точно регулировать дозировку и распределение удобрений, что способствует повышению урожайности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В данной статье мы сосредоточимся на применении сенсорных технологий для оптимизации внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву. Мы рассмотрим различные аспекты применения сенсоров, включая их технические характеристики, экономические выгоды и влияние на экологическую устойчивость сельского хозяйства.

Наша цель – представить обзор современных технологий и их важность для современного сельского хозяйства при изменяющихся климатических условиях и растущих вызовах продовольственной безопасности.

Основная часть

Сельское хозяйство является важным сектором мировой экономики, обеспечивая население продуктами питания и сырьем для промышленности. Однако, для поддержания высоких урожаев и качества продукции необходимо правильно управлять процессом удобрения почвы. Внесение твердых гранулированных минеральных удобрений в почву – один из основных методов обеспечения почвы необходимыми питательными элементами [1, 2]. С использованием сенсорных технологий можно добиться оптимального внесения удобрений, что приведет к повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Сенсорные датчики играют ключевую роль в оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву и повышении эффективности сельского хозяйства в целом. Стоит упомянуть несколько способов, как они могут помочь.

Оптимизация дозировки удобрений: Сенсорные датчики могут измерять содержание питательных элементов в почве в реальном времени. Это позволяет сельхозпроизводителям точно определять потребности почвы в удобрениях и регулировать дозировку удобрений в соответствии с этими потребностями. Точная дозировка удобрений помогает избежать избыточного использования удобрений и снижает затраты на них.

Мониторинг плодородия почвы: сенсорные датчики могут постоянно отслеживать состояние и плодородие почвы, включая уровень pH, содержание азота, фосфора, калия и других питательных элементов. Это позволяет выявлять недостатки или избытки определенных элементов и принимать меры для их коррекции, например, выбором соответствующего типа удобрений.

Снижение затрат и повышение урожайности: благодаря использованию сенсорных датчиков сельхозпроизводители могут более эффективно использовать удобрения, что приводит к снижению затрат на них. В то же время оптимальное питание растений позволяет увеличить урожайность и качество продукции.

Улучшение экологической устойчивости. Точное определение потребностей почвы и уменьшение избыточного использования удобрений способствует снижению загрязнения окружающей среды и сохранению биоразнообразия [2, 3].

Автоматизация процесса внесения удобрений: Сенсорные датчики могут быть интегрированы в системы автоматического управления и внесения удобрений, что позволяет сельхозпроизводителям автоматизировать процесс и снизить необходимость в ручном вмешательстве.

Сенсорные технологии могут значительно повысить эффективность сельского хозяйства, сделав процесс внесения удобрений более точным, эффективным и экологически устойчивым.

Также следует провести всемирный обзор сенсорных датчиков, которые активно используются в настоящее время и показывают высокую эффективность:

1. Sentek EnviroSCAN – это сенсорный датчик (рис. 1), который производится в Австралии компанией Sentek Pty Ltd. Он представляет собой инновационное устройство, разработанное для непрерывного мониторинга влажности почвы на разных глубинах, что делает его важным инструментом для сельскохозяйственных и исследовательских целей.



Рис. 1. Сенсорный датчик Sentek EnviroSCAN

Применение Sentek EnviroSCAN на практике в различных климатических и географических условиях демонстрирует его эффективность и практическую ценность. Важно отметить примеры его использования:

Оптимизация полива в сельском хозяйстве: Sentek EnviroSCAN позволяет сельхозпроизводителям мониторить влажность почвы на разных глубинах и определять оптимальное время и объем полива. Это помогает сэкономить воду и улучшить урожайность.

Управление засолением почвы: В сельских районах, где засоление почвы является проблемой, Sentek EnviroSCAN используется для мониторинга солевого напряжения и разработки стратегий по уменьшению его воздействия на почву.

Исследования по сохранению воды и биоразнообразию: в рамках научных исследований Sentek EnviroSCAN применяется для изучения водных режимов различных экосистем, включая леса, степи и пустыни. Это помогает понять, как изменения климата влияют на доступность воды и биоразнообразие.

Управление грунтовыми водами: В сельскохозяйственных районах с высоким уровнем грунтовых вод Sentek EnviroSCAN используется для мониторинга уровня влажности почвы и предотвращения переувлажнения, что может привести к гибели растений и ухудшению качества почвы.

Измеряемые параметры: электрическая проводимость почвы, влажность почвы.

Глубина измерения: до 40 метров.

Разрешение: 5 см.

Температурный диапазон: от -20 °С до +60 °С.

Точность: $\pm 2\%$ для проводимости, $\pm 3\%$ для влажности.

Интерфейс: RS-485, SDI-12.

Программное обеспечение: Sentek IrriMAX.

2. Датчик Hanna Instruments HI9813-6 (рис. 2) производится в Италии компанией Hanna Instruments, которая специализируется на разработке и производстве точных и надежных приборов для измерения параметров воды и почвы.



Рис. 2. Датчик Hanna Instruments HI9813-6

Применение датчика Hanna Instruments HI9813-6 на практике разнообразно и может включать следующие сферы:

Контроль качества воды: HI9813-6 идеально подходит для контроля качества питьевой воды как в домашних условиях, так и в коммерческих и промышленных объектах. Он позволяет измерять рН, проводимость и температуру воды, что важно для обеспечения безопасности и соответствия нормативам.

Аквариумистика: Датчик HI9813-6 может использоваться в аквариумистике для контроля и поддержания оптимальных условий в воде для рыб и других обитателей аквариума. Он поможет следить за уровнем рН и проводимости, что важно для здоровья и комфорта рыб.

Гидропоника и гидрокультура: В сельском хозяйстве HI9813-6 применяется для контроля параметров воды в системах гидропоники и гидрокультуры. Это позволяет оптимизировать условия выращивания растений, обеспечивая им необходимый уровень рН и проводимости.

Лабораторные исследования: В лабораторных условиях датчик Hanna Instruments HI9813-6 может использоваться для проведения различных исследований, связанных с анализом воды и почвы. Он обладает высокой точностью и надежностью, что позволяет получать достоверные результаты.

Образовательные цели: Этот датчик также может применяться в учебных заведениях для обучения студентов основам химии, биологии и экологии, демонстрируя влияние различных факторов на параметры воды и почвы.

Измеряемые параметры: рН, электрическая проводимость, температура.

Диапазон измерения рН: 0.00-14.00 рН.

Разрешение рН: 0.01 рН.

Диапазон измерения проводимости: 0–1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Разрешение проводимости: 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Температурный диапазон: 0°C до 60°C.

Точность: ± 0.05 pH, $\pm 2\%$ для проводимости.

Интерфейс: USB.

Экран: LCD.

3. Датчик Horiba LAQUAact pH-11 (рис. 3) производится в Японии компанией Horiba, известной своими высокоточными приборами и аналитическим оборудованием.



Рис. 3. Датчик Horiba LAQUAact pH-11

Применение датчика Horiba LAQUAact pH-11 на практике может быть разнообразным и включать следующие области:

Контроль качества воды: Датчик pH-11 идеально подходит для контроля и мониторинга качества воды в различных областях, включая питьевую воду, воду бассейнов и прудов, а также воду в производственных процессах и оборудовании. Он обеспечивает точные измерения pH, что важно для обнаружения изменений в качестве воды и поддержания оптимальных условий для различных целей.

Сельское хозяйство и гидропоника: В сельском хозяйстве pH-11 используется для контроля pH в почве и воде, что позволяет оптимизировать условия выращивания растений и улучшать урожайность. В гидропонике этот датчик также играет важную роль в поддержании оптимального pH раствора питательных веществ для растений.

Медицинские и лабораторные исследования: В лабораторной практике pH-11 применяется для измерения pH в различных типах жидкостей, включая биологические пробирки, кровь и другие биологические среды. Это важно для проведения медицинских и научных исследований, а также для контроля качества лекарственных препаратов и других химических веществ.

Производственные процессы: В промышленности pH-11 может использоваться для контроля pH воды в различных производственных процессах, таких как химическая промышленность, пищевая промышленность, производство бумаги и текстиля. Это помогает обеспечить высокое качество продукции и эффективность производства.

Охрана окружающей среды: Датчик pH-11 может использоваться для мониторинга pH в природных водоемах, включая реки, озера и моря, что важно для контроля загрязнения и охраны окружающей среды.

Измеряемый параметр: pH.

Диапазон измерения: 0.00–14.00 pH.

Разрешение: 0.01 pH.

Температурный диапазон: 0°C до 50°C.

Точность: ± 0.1 pH.

Калибровка: автоматическая.

Экран: ЖК-дисплей.

Интерфейс: USB.

4. Датчик Ion Science GasClam 2 (рис. 4) производится в Великобритании компанией Ion Science Ltd, которая специализируется на разработке и производстве передовых газоаналитических приборов.



Рис. 4. Датчик Ion Science GasClam 2

Применение датчика Ion Science GasClam 2 на практике включает множество областей, где контроль загрязнения воздуха является критически важным. Ниже приведены примеры его применения.

Мониторинг воздушного качества во время внесения удобрений: во время процесса внесения твердых гранулированных удобрений в почву может выделяться пыль, которая может содержать различные вредные вещества. GasClam 2 может использоваться для непрерывного мониторинга воздушного качества вокруг места внесения удобрений, что позволяет оперативно выявлять и контролировать концентрацию различных газов и частиц в воздухе.

Оценка влияния удобрений на качество воздуха: после внесения удобрений GasClam 2 может использоваться для мониторинга изменений в качестве воздуха в течение определенного периода времени. Это позволяет оценить воздействие удобрений на окружающую среду и здоровье людей, а также принять меры по минимизации негативных последствий.

Оптимизация процесса внесения удобрений: путем анализа данных, полученных от GasClam 2, сельхозпроизводители могут оптимизировать процесс внесения удобрений, учитывая факторы, такие как скорость ветра, направление ветра и другие климатические условия. Это помогает снизить риск загрязнения воздуха и повысить эффективность использования удобрений.

Измеряемые параметры: содержание газов (аммиак, метан и другие).

Диапазон измерения: зависит от типа газа.

Разрешение: зависит от типа газа.

Температурный диапазон: -20 °C до +50 °C.

Точность: зависит от типа газа.

Хранение данных: встроенная память.

Интерфейс: USB, Ethernet.

Каждый из этих сенсоров обладает уникальными характеристиками и предназначен для решения определенных задач в области мониторинга почвы и определения питательных элементов. Выбор конкретного датчика зависит от требований и условий конкретного исследования или приложения.

Использование сенсорных технологий в сельском хозяйстве может привести к снижению затрат на удобрения за счет более точного и эффективного использования. Путем оптимизации доз удобрений и выбора правильных мест и времени их внесения можно значительно сократить потребление удобрений, что в конечном итоге снизит затраты на них и повысит прибыльность сельскохозяйственного производства [4].

Использование сенсорных технологий также способствует улучшению экологической устойчивости сельского хозяйства [5]. Снижение избыточного использования удобрений уменьшает риск загрязнения почвы и водных ресурсов нитратами и другими химическими веществами. Это способствует сохранению биоразнообразия и поддержанию здоровья окружающей среды.

Проведенные зарубежные экономические исследования показали, что внедрение сенсорных технологий в процесс внесения удобрений в почву может привести к значительному увеличению прибыли сельскохозяйственных предприятий. Оценка затрат на удобрения и увеличение урожайности при использовании сенсорных технологий позволяет выявить потенциальные экономические выгоды.

Заключение

Использование сенсорных технологий, в том числе для оптимизации внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву представляет собой эффективный способ повышения производительности и экологической устойчивости сельского хозяйства. Это позволяет сельхозпроизводителям экономить ресурсы, увеличивать урожайность и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. К вопросу выбора пневматической системы для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений // Сборник научных трудов «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства». – Горки: БГСХА, 2022. – Выпуск 7. – С. 262–267.
2. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твердых минеральных удобрений и пути их решения // Вестник БГСХА – 2022. – №1. – С. 133–136.
3. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. Путь к устойчивому земледелию: минеральные удобрения и инновации // Наше сельское хозяйство (агрономия). – 2023. – №17. – С. 53–55.
4. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Концептуальные проблемы механизации дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений и пути их решения: рекомендации. – Горки: БГСХА, 2023. – 45 с.
5. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. Упаковочные технологии для минеральных удобрений: оптимизация и эффективность // Наше сельское хозяйство (агрономия). – 2023. – №19. – С. 52–54.