

Дифференцированное внесение удобрений в режиме on-line в системе точного земледелия

Е.В. Пущаев, аспирант, В.А. Любич, к.т.н., В.А. Шахов, д.т.н., профессор, А.П. Долматов, к.с.-х.н., М.Р. Курамшин, к.т.н., С.В. Попов, к.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Точное земледелие – это стратегия, которая использует детальную информацию для точного управления ресурсами, вложенными в производство сельскохозяйственной продукции. Она применяется в управлении конкретным участком в растениеводстве и в целом на сельскохозяйственном предприятии. Идея базируется на получении знаний характеристик почвы и урожая, уникальных для каждой части поля и в оптимизации вложений в небольшой его участок. Философия точного земледелия заключается в том, что производственные вложения (семена, удобрения, химикаты и др.) следует применять только по мере необходимости и на заданном участке [1].

Сельхозтоваропроизводители должны быть заинтересованы во внедрении технологий точного сельского хозяйства. Прецизионные методы ведения сельского хозяйства могут улучшить экономическую и экологическую устойчивость растениеводства. В современном сельском хозяйстве производители склонны обрабатывать каждое поле как единое целое, при этом они часто признают изменчивость на отдельных участках, но не управляют этими изменениями [1, 2].

В результате производители принимают управленческие решения при средних условиях, надеясь, что вложенных ресурсов будет достаточно для большей части поля. Для точности в сельском хозяйстве используются информационные технологии сегментации поля в более мелкие единицы и определение для каждой единицы индивидуальных характеристик. При этом производители могут

применять свои ресурсы в точном месте и в точном количестве, необходимом для максимальной прибыльности урожая [2, 3].

Таким образом, одним из важнейших вопросов применения технологии точного земледелия является снижение затрат на удобрения, ядохимикаты и др. Необходимо учитывать такие факторы, как затраты на покупку и ремонт техники и технологического оборудования, рациональное использование и своевременное обслуживание техники; снижение времени и трудоёмкости технологического процесса за счёт применения современных ресурсосберегающих технологий [1–3]. Такие приёмы технологии точного земледелия, как параллельное вождение, картирование урожайности и т.п., позволяют уменьшить затраты с помощью использования специализированных методик внесения средств защиты растений и минеральных удобрений. Перспективным направлением является внесение удобрений дифференцированным способом, т.е. избирательно, там, где недостаточно для нормального и интенсивного роста растений. Работа по такой методике подразделяется на два основных способа: внесение в режиме on-line (режим реального времени) и внесение в режиме off-line (с предварительно подготовленной картой поля) [4–7].

Для комплексного изучения взаимосвязанных процессов, происходящих в природной среде, в частности на сельхозгодях, в последние десятилетия активно используются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Это основано на взаимодействии измерительной аппаратуры, размещённой на космических платформах с наземными комплексами приёма, обработки, хранения и распространения информации для

обеспечения регулярного измерения спектрально-отражательных характеристик поверхности Земли. Такие информационно-измерительные комплексы стали эффективным инструментом сбора информации о пространственном распределении и временной динамике роста и развития растительного покрова, на основе которых ведутся и широко развиваются многочисленные проекты по исследованию процессов энерго- и массообмена в приземных слоях атмосферы и растительного покрова [8].

Материал и методы исследования. Технология точного земледелия обеспечивает не только практически такую же урожайность зерновых культур, что и традиционная, но и позволяет создавать более качественную структуру посевов, сократить расход семян на 10–15%, минеральных удобрений и средств химической защиты растений – на 15–20%, проводить агротехнические мероприятия в различных условиях, в том числе ночью. Подкормку целесообразно сочетать с предварительным определением плотности и густоты стеблестоя, основанным на сравнении показателей индекса NDVI (Normalized Difference Vegetative Index – индекс вегетации биомассы) [9].

Преимущества дифференцированного применения удобрений требуют разработки новых технологий и соответствующих технических средств на уровне новейших средств механизации, систем автоматизации и компьютеризации на основных стадиях технологического процесса применения средств химизации в сельском хозяйстве [10, 11].

Рассмотрим методику дифференцированного внесения удобрений в режиме реального времени – on-line. Система дифференцированного внесения удобрений в режиме on-line предназначена для оценки состояния посевов в процессе движения агрегата по полю и определения количества азота или иного вещества, необходимого для внесения в данной точке.

Использование такой системы позволяет перейти от равномерного внесения удобрений к дифференцированному внесению, в соответствии с реальной потребностью. Дифференцированное внесение удобрений помогает обеспечить большую экономию азотных удобрений и фунгицидов при сильном заражении поля, а также повысить эффективность действия внесённых веществ.

Система GreenSeeker RT 200 определяет потребность азотных удобрений на данном участке поля путём измерения индекса вегетации биомассы NDVI и сравнения полученного значения индекса с заданным алгоритмом [12].

Работа системы GreenSeeker RT 200 базируется на активных оптических датчиках, работающих в режиме реального времени, каждый из которых имеет свой источник света и может использоваться в любое время суток. Оптический датчик излучает красные и ближние инфракрасные лучи, которые,

отражаясь от растений, попадают на фотодиод, расположенный в головной части датчика. Формат данных, скорость и вторичные индексы растительности пользователь может настроить самостоятельно. Номинальная область захвата датчиков составляет от 60 см до 12–15 м. Таким образом, происходит измерение индекса вегетации биомассы NDVI, затем сравнивается полученное значение индекса с заданным алгоритмом и в режиме реального времени определяется, сколько азотных удобрений надо внести на данном участке поля.

Использование GPS-приёмника позволяет записать в память компьютера распределение индекса NDVI с привязкой к местности, а в дальнейшем составить карту распределения азотных удобрений по элементарным участкам поля.

Информация с датчиков обрабатывается в коммутационном блоке и передаётся на полевой компьютер, который формирует команды для изменения нормы внесения. К полевому компьютеру может подключаться внешний GPS-приёмник, за счёт чего обеспечивается создание карт состояния растительного покрова и карт внесения материалов.

Технологический процесс работы компонентов системы заключается в следующем (рис. 1). Система снабжена активным источником света, излучаемым в диапазоне 600 нм (красный) и 780 нм (ближний к инфракрасному). Часть отражённого света попадает на фотодиоды, где измеряется его количество. После вычисления на компьютере выдаётся индекс вегетации, который служит показателем плотности травостоя и его жизнеспособности. Рабочий захват системы равен 18 м через каждые 0,6 м и монтируется 30 датчиков и жиклеров. Бортовой компьютер позволяет вычислять необходимое количество удобрений и подавать их в каждый жиклер отдельно.

Коммутационный блок содержит схему соединений, устанавливаемых на штанге датчиков с компьютером. Интерфейсный модуль CAN (англ. Controller Area Network – сеть контроллеров) последовательно соединён и подключён к сети, предназначен для объединения в единую сеть всех исполнительных устройств и датчиков. Контроллер представляет собой герметичный экологически безопасный блок, который устанавливается внутри или на внешней стороне кабины.

Интерфейс пользователя для системы RT200 – износостойчивый карманный компьютер TDS Reson [13]. Компьютер отображает и сохраняет данные с датчиков и соединяется с контроллером дозирования устройства внесения удобрений. Предварительно в компьютер загружается программа RT Commander. Для быстрой передачи данных используется запоминающее устройство, карта CompactFlash, или интерфейс подключается к ноутбуку.

Работа всей системы на примере операции опрыскивания осуществляется следующим образом. При движении опрыскивателя по полю

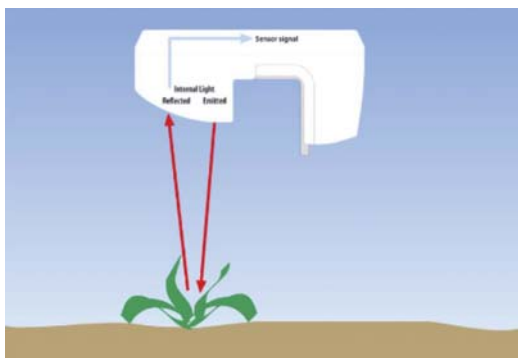


Рис. 1 – Принцип работы датчиков системы Green Seeker

датчики GreenSeeker, закреплённые на штангах, испускают волны двух разных длин. Это необходимо для определения цветового покрова растений. Дальше эти данные поступают в микропроцессор датчиков, обрабатываются и уже через кабели поступают на контроллер системы, расположенный в кабине. В самом контроллере происходит обработка значений, полученных от всех датчиков, и на полевой компьютер TDS Reson поступает уже готовое значение индекса вегетативности NDVI.

Во время движения опрыскивателя (рис. 2) по полю датчики GreenSeeker измеряют растительный покров, одновременно происходит формирование электронной карты индекса NDVI и карты норм внесения удобрений.



Рис. 2 – Опрыскиватель, оснащённый системой Green Seeker

Далее программное обеспечение RT Commander, установленное на полевом компьютере TDS Reson, обрабатывает эти данные, и в соответствии с тарировочным графиком для заданной культуры выдаёт контроллеру опрыскивателя необходимое значение нормы внесения удобрений для культуры в данный момент её вегетативного роста.

Затем программа RT Commander автоматически построит график, который и послужит основой для дифференцированного внесения удобрений. Именно по нему в режиме реального времени программа RT Commander и определяет необходимую норму внесения.

Во время всей работы, в дополнение к вышеизложенному, одновременно происходит формирование электронной карты индекса NDVI, а также карты норм внесения удобрений. При этом если был подсоединён навигационный приёмник, будут сохранены все координаты считывания информации. Это даёт очень широкие возможности для последующего анализа состояния растений. Кроме того, данные, полученные с помощью программы RT Commander, можно свободно экспортировать в специализированное программное обеспечение для дальнейшего анализа и обработки информации.

Результаты исследования. Проведено исследование по определению результативности применения системы GreenSeeker RT 200 на подкормке пшеницы сорта Юго-Восточная 2 азотными удобрениями, аммиачной селитрой в сравнении с традиционной технологией одновременного внесения удобрений по всей площади поля. Использован участок учебно-опытного поля Оренбургского ГАУ.

Для рационального внесения азотных удобрений на учебно-опытном поле ОГАУ (рис. 3) нами был использован датчик Green Seeker RT 200 (рис. 4), который показывал интенсивность озеленения пшеницы. Датчик фиксировал и расшифровывал состояние растительного покрова. В датчике заложена шкала окраса растений, характеризующая степень интенсивности роста. Если растение развито хорошо, то имеет тёмно-зелёный окрас. Слабое развитие определяется по бледно-зелёной окраске. Если пшеница недобирает в росте, необходимо внести подкормку. Изменение коэффициента озеленения может колебаться от 0 до 1. При внесении удобрений их доза варьировалась от 7,5 до 15 кг/га: при слабом коэффициенте озеленения от 0 до 0,46 вносили 15 кг/га, среднем – от 0,4 до 0,70–7,5 кг/га, высоком, свыше 0,70, внесение азотных удобрений не проводили.



Рис. 3 – Участок поля для внесения удобрений

Минимальное значение коэффициента озеленения составляло 0,27, а максимальное – 0,80. Дифференцированное внесение азотных удобрений (аммиачная селитра) проводилось 27 июня 2018 г. на опытном участке площадью 0,02 га ранцевым удобрителем titan 20 в фазе кущения и начале выхода



Рис. 4 – Датчик системы GreenSeeker RT 200 с полевым компьютером

в трубку яровой пшеницы сорта Юго-Восточная 2, посеянной 28 мая 2018 г.

Экспериментально установлено, что расход удобрений в физическом весе при традиционном внесении составляет 44 кг/га, при норме внесения в действующем веществе 15 кг/га. При дифференцированном внесении с использованием системы GreenSeeker RT 200 было внесено 32 кг/га. Следовательно, экономия удобрений составила 12 кг/га, или 27,3%. Стоимость аммиачной селитры в Оренбургской области в ценах октября 2018 г. равна 15000 руб. за 1 т. В результате только на удобрениях было сэкономлено 180 руб/га.

Вывод. Внедрение в систему точного земледелия дифференцированного внесения жидких удобрений в Оренбургской области экономически целесообразно и является необходимым условием интенсификации растениеводства.

Литература

- Шахов В.А., Ларина Т.Н., Заводчиков Н.Д. Разработка концепции мониторинга освоения технологии точного земледелия в системе управления сельскохозяйственным производством на региональном уровне // Экономика и предпринимательство. 2017. № 9 (ч. 4). С. 880–886.
- Петрова Г.В. Сбалансированная система показателей освоения технологии «точного земледелия»: от сельскохозяйственной организации до регионального управления развитием сельскохозяйственного производства / Г.В. Петрова, В.А. Шахов, Т.Н. Ларина, Н.Д. Заводчиков // Экономика и предпринимательство. 2017. №10 (ч. 2). С. 1066–1072.
- Ларина Т.Н., Заводчиков Н.Д., Шахов В.А. Цифровая экономика сельского хозяйства: региональный аспект // Друkerовский вестник. 2018. № 2. С. 216–226.
- Любич В.А. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия / В.А. Любич, С.В. Попов, Ф.Г. Бакиров [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (33). С. 73–75.
- Евстропов А. Режим on-line: дифференцированное внесение удобрений // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. № 3. С. 26–29.
- Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский [и др.]. М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 148 с.
- Плескачев Ю.Н. Внедрение систем точного земледелия в производство. 2015. 18.11. [Электронный ресурс]. URL: <https://gynok-apk.ru/articles/plants/sistemy-tochnogo-zemledeliya/>.
- Зейлигер А.М. Развитие технологий дистанционного мониторинга параметров растительного покрова сельских территорий // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: матер. Междунар. науч.-практич. конф. / Отв. за выпуск профессор В.А. Шахов. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. 180 с.
- Беленков А.И., Тюмаков А.Ю., Магаммед Сабо Умар. Реализация элементов точного земледелия в полевом опыте // Земледелие. 2015. № 3. С. 37–39.
- Галлямов Ф.Н., Мухутдинов Р.Р. Разработка оборудования для дифференцированного внесения жидких комплексных удобрений // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: матер. Междунар. науч.-практич. конф. в рамках XXVII Междунар. специализир. выставки «Агрокомплекс-2017». Уфа, 2017. С. 174–177.
- Якушев В.В. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в системе точного земледелия. [Электронный ресурс]. URL: <https://agroru.com/news/differencirovannoe-vnesenie-mineralnyh-udobrenij-122540.htm>.
- GreenSeeker RT 200. Система дифференцированного внесения удобрений. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geomir.ru/info136.html>.
- Полевой контроллер TDS Recon. [Электронный ресурс]. URL: http://www.technoplus.ru/shop/UID_3416.html.