

разом, количество азота, минерализованного в 2004 г. было, по-видимому, гораздо большим, чем в 2005 г.

Хотя вопросы о рациональном применении азотных удобрений являются хорошей основой для дискуссии о временной изменчивости, интенсивность процесса высвобождения элементов питания из труднодоступных форм также подвержена временной изменчивости. Поэтому еще одной темой для обсуждения временных трендов в поступлении питательных элементов из почвы и потребности в них растений, является питание растений микроэлементами.

Возьмем в качестве примера потребление марганца (Mn) соей. Симптомы дефицита марганца можно наблюдать на многих полях в северном и центральном Огайо, но не каждый год. Иногда они не наблюдаются в течение большей части вегетационного периода, а затем внезапно проявляются на поле отдельными очагами. Исследования в Университете штата Огайо показали, что отзывчивость сои на некорневое внесение марганца может быть агрономически и экономически значимой, но она зависит от условий года выращивания (рис. 2).

Когда почвы высыхают, доступный марганец (Mn^{2+}) окисляется с образованием нерастворимого оксида марганца. Таким образом, марганец становится недоступным для растений. Некорневое внесение марганца в этих условиях может быть агрономически и экономически целесообразно (сезон 2007 г. на рис. 2). Сильная засуха, наблюдаемая в 2008 г., вероятно, снизила потребность растений в марганце в результате снижения потенциала урожайности. Отсутствие засушливых условий в 2009 г. способствовало высвобождению достаточного количества доступных для растений форм марганца из почвы, в результате чего отзывчивость на внекорневое внесение марганцевых удобрений не наблюдалась.

Доступность других элементов питания растений из почвы также подвержена временной изменчивости. Так, недостаток калия наблюдается чаще всего в засушливые годы в восточной части кукурузного пояса, особенно на почвах, сформировавшихся на

глинистых породах с минералами со строением пакетов 2 : 1, которые могут фиксировать калий при высыхании почвы. В годы с чередованием периодов увлажнения и высыхания, напротив, отзывчивость растений на внесение калийных удобрений может быть меньше, и она гораздо менее вероятна в условиях, когда из труднодоступных форм высвобождается достаточное количество калия.

Временная изменчивость потребности растений в питательных элементах из минеральных удобрений зависит от погодных условий конкретного года и их влияния на поступление питательных элементов из почвы. Эти временные тренды объясняют, почему необходимо разработать методы для одновременного мониторинга потребности растений в питательных элементах и их поступления из почвы. Вероятно, что анализ растительных тканей, отбор почвенных проб в течение вегетационного периода и использование новых технологий (дистанционное зондирование) будут играть гораздо большую роль в принятии обоснованных решений для управления питанием растений.

Д-р Муллен – адъюнкт-профессор, специалист по плодородию почв, OARDC-SENRC, Вустер, Огайо; e-mail: mullen.91@osu.edu.

Г. Ла-Бардж – преподаватель заочных курсов, округ Фултон, заочные курсы университета штата Огайо
К. Диедрик – научный сотрудник, занимается проблемами почвенного плодородия, Школа окружающей среды и природных ресурсов, университет штата Огайо.

Перевод с английского под редакцией С.Е. Ивановой, В.В. Носова.

Литература

- Sawyer, J., E. Nafziger, G. Randall, L. Bundy, G. Rehm, and B. Joern. 2006. *Concepts and rationale for regional N rate guidelines for corn. Iowa State University Extension PM 2015, Ames, IA.*

Начало работы с точным земледелием

Э. Уинстед и Дж. Фултон

Технологии точного земледелия, которые когда-то считались подходящими только для крупных сельхозпроизводителей, ориентированных на интенсивное земледелие, теперь легко доступны и приемлемы для широкого спектра сельхозопераций. В США быстро растет интерес к освоению и внедрению технологий точного земледелия, включая высокоточные системы GPS [реализующие режим кинематики реального времени (real-time kinematic, RTK)], посев/применение средств химизации в соответствии с принципами точного земледелия, а также решения по информационному управлению.

Технологии точного земледелия не всегда были экономически выгодными для мелких и средних фермерских хозяйств. Однако со снижением стоимости оборудования для точного земледелия

теперь почти все сельхозпроизводители для оптимизации себестоимости продукции могут использовать такие технологии как, например, системы параллельного вождения, картирования урожайности и диффе-

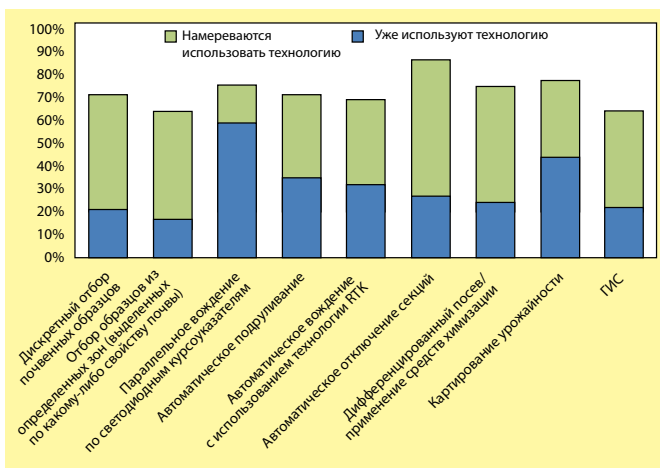


Рис. 1. Результаты опроса о внедрении технологий точного земледелия в Алабаме за 2009-2010 гг.

ренцированного внесения удобрений. Меняющиеся цены на средства химизации и продукцию растениеводства значительно увеличивают риск ошибочных управленческих решений. Таким образом, даже мелкие хозяйства могут получать выгоду от использования технологий, повышающих эффективность производства.

В штате Алабама (США) в 2009 г. был проведен опрос фермеров для оценки степени внедрения и планируемого внедрения различных технологий точного земледелия (рис. 1). По результатам опроса, 58% респондентов используют на своих фермах технологии параллельного вождения по светодиодным курсоуказателям, 34% – технологии автоматического подруливания и 31% – автоматическое вождение с использованием технологии RTK. При этом 86% респондентов или уже применяют, или намереваются использовать технологию автоматического отключения секций. Внедрение систем картирования урожайности оценивали по трем категориям: используют в настоящее время (43%), намереваются использовать в будущем (33%) и не намереваются использовать (24%). Результаты опроса показали, что значительная часть сельхозпроизводителей планирует осваивать данные системы. В ближайшие два года 51% опрошенных планируют внедрить у себя технологию дифференцированного посева/применения средств химизации, тогда как 24% – уже применяют эту технологию.

Одной из технологий, быстро осваиваемой фермерами Алабамы и США в целом, является технология автоматического отключения секций (automatic section control, ASC). Эта система первоначально применялась на опрыскивателях, но в настоящее время в практике точного земледелия она также используется на сеялках, разбрасывателях удобрений и другом оборудовании. Данная технология позволяет оператору отключать отдельные секции оборудования на уже обработанных участках или там, где обрабатывать не требуется, например, в экологически чувствительных зонах – на задернованных водостоках. Недавнее исследование, проведенное в Обернском универ-

ситете, показало, что применение технологии ASC может сократить расходование семян/средств химизации на 1–10% за один проход по полю; подобная экономия происходит в результате сокращения перекрытий на поворотных полосах и клиновидных участках полей. Выгода от данной технологии состоит в том, что фермеры экономят от 3.7 до 61.7 долл./га в год в зависимости от культуры, агротехники, формы и размера полей. В вышеуказанном исследовании экономия семян/средств химизации составила в среднем 4.3% за операцию, проведенную с использованием только системы ASC, со сроком окупаемости менее 2-х лет для большей части технологических операций (с наибольшей отдачей на опрыскивателях, сеялках и подкормщиках – растениепитателях при подкормке азотом). Однако при совместном использовании системы ASC и системы параллельного вождения можно получить дополнительную экономию, поскольку это еще больше сокращает перекрытия, особенно между смежными проходами техники, и, соответственно, расходование семян/средств химизации (Troesch et al., 2010). Данным исследователем было показано, что с системой параллельного вождения можно сэкономить в среднем еще 12% семян/средств химизации при общей экономии в результате совместного использования систем ASC и параллельного вождения от 15 до 30%.

Опрос, проведенный в Алабаме, показал, что в будущем ожидается широкое внедрение сельхозпроизводителями систем автоматического вождения: 37% респондентов намериваются внедрить эту технологию в ближайшие 2 года, а сейчас ею



Использование системы картирования урожайности с приемником GPS на зерноуборочном комбайне для составления картограммы урожайности для поля. Картограммы урожайности являются отчетной сводкой для сельхозпроизводителя, поскольку дают информацию о влиянии агротехнологий на производство сельскохозяйственных культур.



Опрыскиватель, оборудованный системой автоматического отключения секций, которая при движении опрыскивателя по полю отключает/включает секции штанги или отдельные форсунки. На опрыскивателе применяется система параллельного вождения для минимизации перекрытий и пропусков.



Посев с использованием системы автоматического вождения

пользуется 31% опрошенных. В качестве основного аргумента в пользу использования данной технологии фермеры указали, что во время вождения требуется меньшая концентрация внимания (что, в свою очередь, снижает утомляемость и повышает способность сосредоточиться на других операциях). Хотя системы картирования урожайности с использованием GPS-навигации мало используются в Алабаме, фермеры начинают быстро осознавать преимущества картограмм урожайности не только при оценке общепринятых и новых агротехнических приемов, но также и при использовании в качестве исходных данных при разработке агротехнических приемов, специфичных для конкретных условий (т.е. выделение участков с разными уровнями содержания элементов питания в почве/требующих разных норм высева семян и/или внесения пестицидов, проведение дифференцированного посева, создание карт-заданий на внесение удобрений и т.д.). Опрос также показал, что фермеры рассматривают дискретный отбор

Таблица 1. Рекомендации по началу работы с точным земледелием

- Четко определите цели для внедрения технологий и приемов точного земледелия.
- Подбирайте технологии, которые могут использоваться для нескольких операций.
- Определитесь с устройствами, которые могут легко переставляться с одной сельскохозяйственной машины на другую.
- Подбирайте технологии, которые совместимы как с используемым сейчас, так и с новым сельскохозяйственным оборудованием.
- Убедитесь, что оборудование для точного земледелия можно легко и недорого модернизировать.
- Определитесь с уровнем точности и стабильностью GPS-позиционирования, требуемыми для конкретных операций.
- Убедитесь, что записываемые данные могут легко переноситься на другие носители.
- Спрогнозируйте будущие требования к сельскохозяйственным операциям и возможность применения в будущем технологий точного земледелия, которые используются в настоящее время.
- Оцените время, необходимое для освоения технологий точного земледелия, и определитесь со сроками их внедрения.
- Уточните по поводу практического обучения, техподдержки и обслуживания для новых продуктов, в которых вы заинтересованы.



Пример дисплея для точного земледелия, установленного в кабине и информирующего оператора в режиме реального времени о рабочих параметрах и возможности получения различных данных.

почвенных образцов и отбор образцов из определенных зон, выделенных по какому-либо свойству почвы, а также технологию дифференцированного посева/применения средств химизации, в качестве технологий, имеющих значительный потенциал для получения прибавок урожая и снижения себестоимости.

Размышления перед началом работы

В условиях возрастающего интереса к технологиям точного земледелия и планируемого освоения производители чаще всего задают вопрос: «Как начать использовать технологии точного земледелия?» Ниже приведены рекомендации для сертифицированных специалистов по растениеводству, консультантов, в том числе из университетов, и производителей оборудования по обучению и оказанию помощи сельхозпроизводителям в выборе наиболее оптимальных технологий точного земледелия для выполняемых операций. Эти рекомендации были разработаны на основе результатов опроса фермеров и личных контактов автора с дилерами по оборудованию для точного земледелия и фермерами, использующими технологии точного земледелия как на протяжении длительного времени, так и недавно.

Прежде всего, при внедрении технологий и/или методов точного земледелия должна быть ясна цель их использования. Поскольку точное земледелие позволяет фермерам решать задачи, специфичные для конкретных условий, мотивация фермеров к применению данных технологий также бывает разной. Является ли целью более эффективное использование семян и средств химизации? Или более подробное документирование выполняемых в хозяйстве операций? Необходимы изменения в агротехнологиях, и для этого потребовались дополнительные данные по хозяйству? Ошибка при

постановке четкой цели может дорого обойтись и привести к обратным результатам.

Фермеры, использующие технологии точного земледелия, постоянно подчеркивают важность выбора продуктов, пригодных для проведения нескольких технологических операций. Использование таких компонентов как мониторы, приемники спутниковых сигналов, антенны и контроллеры для выполнения самых разных задач и на разном оборудовании может снизить затраты на технологии точного земледелия. Например, для параллельного вождения покупается дисплей. Его можно переустановить на комбайн для картирования урожайности, а затем – снова на трактор и использовать для дифференцированного внесения удобрений.

Важным принципом совместимости является легкость переустановки устройств с одного вида сельскохозяйственной техники на другой. Если необходимо переустанавливать систему параллельного вождения с разбрасывателя удобрений на разбрызгиватель, важно знать, потребуются ли дополнительные специальные провода или кабели для второго агрегата. Следует также учитывать совместимость оборудования с новой сельхозтехникой в будущем. Оборудование для точного земледелия может быть специально изготовлено для определенной сельхозтехники. Если в будущем планируется ее модернизация или замена, оборудование для точного земледелия должно быть пригодным для установки и на новой технике. Если оборудование для точного земледелия потребует модернизации, следует принимать во внимание простоту и стоимость ее проведения. Например, многие системы параллельного вождения начального уровня могут быть модернизированы посредством перехода от WAAS-коррекции сигналов GPS (точность до метра) на навигацию по платной подписке (дециметрового уровня точности) или RTK-коррекцию (сантиметрового уровня точности). Можно добавить и такие дополнительные опции, как автоматическое отключение секций или автоматическое вождение.

Основной вопрос, который новые пользователи технологий точного земледелия должны изучить, – это уровень точности системы GPS и стабильность позиционирования, требуемые для определенной операции. Для каждой конкретной сельскохозяйственной операции подходит определенный метод коррекции сигналов GPS. Например, полосная обработка почвы и посев арахиса требуют сантиметрового уровня точности и ежегодной стабильности позиционирования для обеспечения посева и уборки точно по полосам каждый год. Однако для работы систем картирования урожайности на зерноуборочном комбайне достаточна точность до метра.

Не все, но большая часть систем точного земледелия, предлагаемых в настоящее время на рынке, способна записывать и загружать данные на компьютер. Если желательна данная опция, необходимо учитывать ряд моментов. Формат записи и экспорта данных зависит от оборудования, ис-

пользуемого для точного земледелия, поэтому важно убедиться в том, что данные могут быть загружены в формате, приемлемом для пользователя. Например, если для управления данными не используется сельскохозяйственная географическая информационная система (AgGIS), то для просмотра полученных данных пользователем предпочтительна система точного земледелия, способная экспортировать данные в формате pdf или rtf.

Очень важно учитывать как сегодняшние, так и будущие требования к сельскохозяйственным операциям, и возможную значимость технологий точного земледелия. Разработка долгосрочных планов по внедрению технологий точного земледелия может помочь при принятии решений о покупке оборудования. Сохранение полученных данных обязательно, даже если в настоящее время они не используются для управления агротехнологиями в хозяйстве. Данные о высотах, полученные с помощью системы RTK, и данные по урожайности являются примерами таких данных, которые могут собираться и использоваться в дальнейшем для выделения участков с разными уровнями содержания элементов питания в почве/требующих разных норм высева семян и/или внесения пестицидов, а также создания карт-заданий для дифференцированного посева/внесения средств химизации.

И наконец, потенциальные пользователи технологий точного земледелия должны осознавать, сколько времени потребуется на освоение подобных систем, и определиться со сроками внедрения. Для обучения технологиям точного земледелия требуется определенное время, а установка оборудования часто занимает больше времени, чем изначально предполагается. Кроме того, даже максимально ориентированные на пользователя устройства нуждаются в периоде для наладки. Сроки освоения и внедрения могут охватывать несколько сезонов, чтобы не только проработать все вопросы и освоить новые устройства, но и полностью наладить систему для получения желаемых результатов. Во многих случаях успешное освоение технологий точного земледелия в большей степени является прогрессирующим, а не сиюминутным процессом, дающим немедленный результат. Учитывая временные затраты на обучение при освоении систем точного земледелия, при выборе технологий важно выяснить механизмы практического обучения, техподдержки и обслуживания, предлагаемые для новых продуктов. Наиболее опытные пользователи технологий точного земледелия признают, что обслуживание соответствующего оборудования является одним из наиболее важных факторов, который должен учитываться при покупке новых устройств.

В целом, не существует правильных или неправильных подходов к освоению и внедрению технологий точного земледелия. Потенциальные пользователи должны быть заинтересованы в проведении производственных опытов, чтобы

оценить, какие методы точного земледелия обеспечивают максимальную отдачу при проводимых ими агрооперациях. Хотя технологии и методы точного земледелия с первого взгляда могут показаться трудновыполнимыми, важно обратить внимание новичков на то, что продвигаться вперед следует медленно и последовательно. Системы параллельного вождения и системы ASC приносят фермерам быструю и ощутимую выгоду, тогда как другие технологии и специфичные для конкретных условий агротехнологические подходы могут обеспечивать выгоды, но должны оцениваться за несколько лет использования. На практике может понадобиться время, чтобы в полной мере снизить себестоимость или увеличить доход при использовании данных технологий, особенно технологий применения удобрений, основанных на принципах точного земледелия.

Подробнее о технологиях точного земледелия см. на сайте по точному земледелию в Алабаме: www.AlabamaPrecisionAgOnline.com.

Д-р Уинстед (winstat@auburn.edu) – региональный консультант по точному земледелию Кооперативной консультационной службы Алабамы Научно-исследовательского и консультационного центра Долины Теннесси (г. Белле Мина, штат Алабама, США).

Д-р Фултон – адъюнкт-профессор/консультант кафедры проектирования биологических систем Обернского университета (штат Алабама, США).

Перевод с английского под редакцией В.В. Носова, С.Е. Ивановой.

Литература

Troesch, A., D.K. Mullenix, J.P. Fulton, A.T. Winstead, and S.H. Norwood. 2010 Economic analysis of auto-swath control for Alabama crop production. In *Proceedings of the 10th International Conference on Precision Agriculture*, Denver, CO, July, 23-25

Успехи использования наземных сенсоров в сельском хозяйстве Аргентины

Р. Мелхиори

В результате интегрированного взаимодействия между разными организациями и компаниями Аргентины исследования по использованию наземных сенсоров для повышения эффективности использования азота из удобрений привели к важным достижениям. Дифференцированная подкормка азотом, основанная на результатах наземного зондирования растений, повышает эффективность использования азота из удобрений в устойчивых высокоурожайных системах земледелия.

Несмотря на большое количество информации и данных по управлению азотным питанием зерновых культур, средний коэффициент использования азота из удобрений данными культурами в мире оценивается лишь на уровне 0.33 (Raun and Johnson, 1999). Постоянное проведение теоретических и экспериментальных исследований и разработка новых технологий, например, связанных с точным земледелием, вызваны необходимостью повышения эффективности использования азота из удобрений.

В 2002 г. INTA (Национальный институт агротехнологий), AAPRESID (Ассоциация фермеров, применяющих нулевые технологии) и Profertil (компания, производящая удобрения) запустили совместный проект по поддержке разработок и распространению устойчивых технологий управления азотным питанием в Аргентине с особым акцентом на повышение эффективности использования азота из удобрений с помощью методов наземного зондирования.

Как было показано рядом авторов, используя наземные сенсоры, можно выявить недостаток азота у растений. Однако стадия развития растений, состоя-

ние растительного покрова, накопленная биомасса, обеспеченность растений элементами питания и другие факторы оказывают влияние на спектральный отклик растений и, следовательно, на возможность выявления недостатка азота. Подходы, основанные на наземном зондировании, требуют наличия технологий для выявления недостатка азота и разработки диагностических методов и рекомендаций по



Автор проводит измерения показателя NDVI на поле кукурузы в Паране (провинция Энтре-Риос).

Сокращения: N = азот.