

# Временная изменчивость отзывчивости сельскохозяйственных культур на удобрения

Р. Муллен, Г. Ла-Бардж, К. Диедрик

*Отзывчивость сельскохозяйственных культур на удобрения зависит от погодных условий конкретного года. Потребность сельскохозяйственных культур в элементах минерального питания зависит от погодных условий, и их влияния на процессы поступления элементов питания и их потери из почвы. Для того, чтобы повысить эффективность использования элементов питания из удобрений необходимо разработать методы, позволяющие учитывать влияние погодных условий года на данные процессы.*



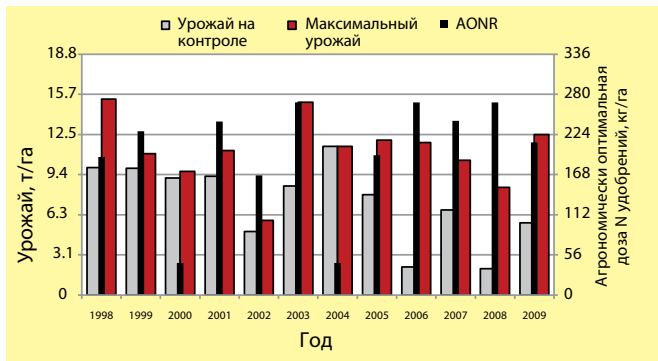
**Отзывчивость кукурузы** на внесение азотных удобрений на Северо-западной научно-исследовательской станции около Кастара (штат Огайо), в июле 2008 г. Делянка слева получила 269 кг N/га, на делянку справа азотные удобрения не вносились.

Разработка системы применения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур представляет собой трудную задачу, если учитывать все факторы, влияющие на поступление питательных элементов из почвы и потребность в них растений. Большинство агрономов легко определяют пространственное распределение этих факторов, но учет их временной изменчивости сложен. Цель настоящей статьи – дать некоторое представление о временной изменчивости поступления питательных элементов из почвы и потребности в них растений.

Чем определяется потребность растений в таких подвижных питательных элементах в почве как азот? Факторы, контролирующие отзывчивость растений на азот, могут быть разделены на три категории: 1) факторы, определяющие, какая часть азота в почве будет доступной для растений в результате минерализации, 2) факторы, определяющие, какая часть азота будет потеряна при вымывании и денитрификации и 3) факторы, определяющие, величину урожайности. Хотя это легко идентифицируемые факторы, их трудно количественно оценить или точно предсказать.

Скорость минерализации определяется составом органического вещества почвы и условиями окружающей среды в течение вегетационного сезона. Вероятно, что в теплых и влажных условиях в почве будет минерализовано больше азота, чем в холодных

**Сокращения:** N – азот, K – калий, Mn – марганец



**Рис. 1.** Максимальный и контрольный урожаи зерна на Северо-западной исследовательской станции около Хойтвила, Огайо, и соответствующие агрономически оптимальные дозы азотного удобрения (AONR), необходимые для получения этих урожаев кукурузы, посеянной после сои, 1998–2009 г.г.

и сухих. Количество азота, потерянное вследствие денитрификации и/или вымывания из почвы зависит от количества и распределения осадков, степени дренированности почвы, температуры воздуха и количества минерализуемого углерода. Достижимый уровень урожайности зависит от всхожести семян, конкуренции растений и наличия или отсутствия стресса в течение всего вегетационного периода. Какой фактор является постоянным и для процессов поступления элементов питания из почвы, и для потребности в них растений? Этот фактор - изменчивость погодных условий.

С 1998 г. в Университете штата Огайо проводятся исследования по оценке отзывчивости кукурузы на внесение карбамидно-аммиачной смеси (КАС) в междурядья при выращивании в севообороте кукуруза-соя. Изучается урожайность кукурузы на зерно, при внесении пяти доз азотных удобрений: 45, 67, 134, 202 и 224 кг/га до 2006 г. и 0, 67, 134, 202 и 224 кг/га после 2006 г. Каждый год отзывчивость кукурузы на азот моделируется с использованием



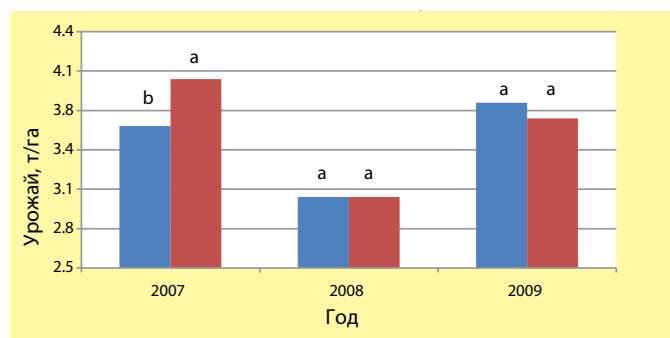
Кейт Диедрик проводит некорневую подкормку марганцем на Северо-западной научно-исследовательской станции в Огайо.

уравнения нелинейной регрессии, которое позволяет определить агрономически оптимальную дозу азотного удобрения (Agronomic optimum N rate, AONR). На кривой отзывчивости агрономически оптимальная доза азотных удобрений соответствует дозе азотного удобрения в точке перегиба и выхода кривой на плато, и эквивалентна наименьшей дозе удобрений, обеспечивающей максимальную урожайность.

Как показано на **рисунке 1**, максимально достижимый урожай зависит от условий конкретного года, также как и количество азотных удобрений, необходимое для его получения. Временные флуктуации приводят к тому, что на одном и том же опытном участке в одном и том же севообороте оптимальные дозы азотного удобрения различаются по годам.

Традиционные рекомендации по использованию азотных удобрений ориентируются на величину потенциальной урожайности, при этом для получения больших урожаев необходимо внесение более высоких доз азотных удобрений. Мы обнаружили, что достигаемые высокие уровни урожайности не обязательно связаны с большей потребностью в азоте (Sawyer et al., 2006).

Почему часто не находят прямой зависимости между величиной урожайности и оптимальными дозами азотных удобрений на типичных полях кукурузного пояса США? Благодаря минерализации органического вещества почва способна снабжать растения большим количеством азота, что исключает необходимость в дополнительном внесении азотных удобрений. Кроме того, если в данных условиях выращивания потенциальные потери азота незначительны, то доза азотных удобрений может быть снижена. Таким образом, почва сама сможет обеспечить достаточное количество азота для удовлетворения большей части потребности растений в азоте, и по-



**Рис. 2.** Отзывчивость сои на некорневое внесение марганца на Северо-западной научно-исследовательской станции около Хойтвила (штат Огайо), в течение 2007–2009 годов. При разных буквах над столбцами различия достоверны при уровне значимости 0,05.

тери азота, в данном случае, маловероятны. Потребность растений в азоте также может снижаться, если урожайность кукурузы уже упала из-за какого-то стресса (наиболее вероятно связанного с погодными условиями).

Используя данные за 2004 г. и 2005 г. (**рис. 1**) для иллюстрации концепции временной изменчивости потребности в азотном удобрении, отметим, что достижимый урожай почти не меняется (~12 т/га), но дозы азотного удобрения, необходимые для получения этого урожая, существенно различаются. Различаются, главным образом, величины урожая, полученного при низкой дозе азотного удобрения. В контрольном варианте (45 кг N/га в качестве стартового удобрения) получен урожай в 12 и 7.8 т/га в 2004 г. и 2005 г., соответственно. Едва ли пониженная потребность в азотных удобрениях в 2004 г. объяснялась снижением потенциальных потерь, потому что количество осадков, выпавших между 1 мая и 1 августа, было на 13 см больше, чем в 2005 г. Таким об-

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 некорневое 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.*

**Т**ехнологии 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-