

курузы на N-, P- и K-удобрения проводились в штатах Бихар и Западная Бенгалия, где данная культура становится основной альтернативой рису и пшенице соответственно в сезон муссонных дождей и в зимний сезон. Недобор урожая зерна кукурузы при исключении калия из состава удобрения, если сравнивать с вариантом с внесением NPK, находился в диапазоне 140-1320 кг/га при среднем значении – 700 кг/га (**рисунок 1**). С учетом текущей МЗЦ на зерно кукурузы (8.80 руп./кг) недобор урожая в проведенных опытах был равнозначен недополученной прибыли в размере 1232-11616 руп./га при среднем значении, равном 6160 руп./га. В Индии кукуруза выращивается зимой, весной и в сезон муссонных дождей. Рассматриваемые в данной статье результаты были получены как в зимнем, так и в весеннем сезоне. В проведенных опытах средняя урожайность зерна кукурузы в весеннем сезоне составила 4936 кг/га, а в зимнем – 7748 кг/га. Средняя прибавка урожая зерна от внесения K-удобрений в зимний сезон была примерно на 200 кг/га выше по сравнению со средним значением по двум сезонам. На одну рупию, вложенную в приобретение K-удобрений для внесения под кукурузу, было получено 0.65–6.17 рупий дохода при среднем значении по всем опытам, равном 3,27 рупий (**рисунок 2**). Несмотря на самую низкую МЗЦ на зерно кукурузы среди трех зерновых культур, из 36-ти обобщенных в данной работе опытов только в 6-ти случаях на одну рупию, вложенную в приобре-

тение K-удобрений, было получено менее 2.0 рупий дохода.

Внесение K-удобрений при их текущей стоимости выгодно, если прибавка урожая зерна кукурузы от калия превышает 500 кг/га. Результаты опытов, проведенных на полях фермеров, свидетельствуют о том, что в 75% случаев прибавка урожая зерна от калия превышала 500 кг/га. Это дает достаточно высокую окупаемость затрат на приобретение K-удобрений даже при внесении 100 кг  $K_2O$ /га и стоимости удобрения, равной 18.83 руп./кг  $K_2O$ . МЗЦ на зерно кукурузы наименьшая среди трех зерновых культур. При сложившихся сейчас МЗЦ на зерно кукурузы и стоимости K-удобрений окупаемость затрат на их приобретение с учетом прибавок урожая зерна от калия в 500, 700 и 850 кг/га составляет соответственно 4.0, 5.6 и 5.1 руп./руп. Расчеты, основанные на прогнозных ценах на K-удобрения и зерно кукурузы, свидетельствуют о том, что с прибавками урожая зерна от калия в 500, 700 и 850 кг/га окупаемость затрат на приобретение K-удобрений получается соответственно 2.3, 3.2 и 2.9 руп./руп. В расчетах была использована текущая МЗЦ на зерно кукурузы и максимальная прогнозная цена на K-удобрения (33 руп./кг  $K_2O$ ), и при этом фермеры получают приемлемую прибыль от их применения (**рисунок 5**).

Перевод с английского под редакцией: В.В. Носова.

## Подкормка сои азотными удобрениями при азотном голодании растений

Д. Менгель, Д. Руис-Диас, Р. Асебеде и Т. Максвелл

*Соя считается культурой, не отзывчивой на применение азотных удобрений, однако при определенных условиях выращивания она положительно отзывается на внесение азота. Проведенные несколько лет назад в штате Канзас (США) исследования, результаты которых также публиковались в журнале «Better Crops With Plant Food», выявили отзывчивость сои на применение азотных удобрений при высоком уровне урожайности в условиях орошения. В данной статье рассматриваются и другие условия выращивания сои, когда она может отзываться на азотные удобрения.*

При хорошем развитии на корнях клубеньков и высокой активности клубеньковых бактерий соя не отзывается на применение азотных удобрений. Если соя высевается на поле, на котором она раньше либо не выращивалась, либо выращивалась давно, численность клубеньковых бактерий в почве может быть недостаточной для хорошего развития клубеньков и активной фиксации атмосферного азота. Вот поэтому и проводится инокуляция семян клубеньковыми бактериями. Однако инокуляция не всегда бывает успешной, и плохое развитие клубеньков в таких случаях может вызвать недостаток азота у сои.

В 2009 и 2010 гг. в северо-центральной части штата Канзас на соевых полях, впервые засеянных данной культурой или возвращенных в сельскохозяйственный оборот после завершения Программы консервации земель (Conservation Reserve Program,



**Делянки полевого опыта:** действие азотных подкормок при недостатке азота у растений сои. Соя никогда раньше не выращивалась на данном поле. Проведена инокуляция семян, но клубеньки развивались плохо.

CRP), наблюдалось плохое развитие клубеньков на корнях сои. Соответственно, растения сои испытывали недостаток азота. Это происходило, несмотря на проведенную инокуляцию семян. В 2009 и 2010 гг. в разных частях указанного региона были заложены полевые опыты для того, чтобы выяснить, отзываются ли на азотную подкормку растения сои, испытывающие недостаток азота в результате плохого развития клубеньков. Определение оптимальной дозы азота также входило в программу исследований.

В 2009 г. опыт проводился на фермерском поле недалеко от г. Соломон (штат Канзас), где у растений сои отчетливо проявился недостаток азота. Применялась нулевая обработка почвы, предшественник – сорго. Прямой посев сои (сорт NK S39-A3) по стерне сорго был проведен 20-го мая с нормой высева 346 тыс. семян/га. При загрузке семян в сеялку их опрыскивали жидким инокулянтом. Соя никогда раньше не выращивалась на данном поле. На участках поля, где в фазы начала и полного цветения (R1-R2) у растений проявились внешние признаки недостатка азота, 20-го июля была сделана азотная подкормка. Проводилось поверхностное ленточное внесение азотного удобрения в междурядья в виде гранулированного карбамида с ингибитором уреазы [триамид N-(н-бутил)тиофосфорной кислоты, NBPT] и ингибитором нитрификации (дициандиамид). Через несколько часов после проведения подкормки азотом



**Делянки** полевого опыта: недостаток азота у растений сои в варианте без азотной подкормки (вверху) и эффект от азотной подкормки (внизу). Соя никогда раньше не выращивалась на данном поле. Проведена инокуляция семян, но клубеньки развивались плохо.

**Таблица 1.** Влияние подкормок азотными удобрениями на урожайность сои, испытывающей недостаток азота (2009-2010 гг.).

Доза азота, кг/га	Урожайность зерна, т/га		
	г. Соломон, 2009 г.	г. Джипсум, 2010 г.	Среднее
0	1.88 d	1.21 c	1.55 d
34	2.49 c	1.55 b	2.02 c
67	2.82 b	1.75 b	2.22 cb
101	2.89 b	1.75 b	2.28 b
134	3.29 a	1.95 a	2.62 a
168	-	1.95 a	-

Одинаковые буквы означают отсутствие статистически значимых различий между значениями в столбце при  $p = 0.05$ .

прошел дождь.

В 2010 г. опыт был проведен на фермерском поле недалеко от г. Джипсум (штат Канзас), где при плохом развитии клубеньков также наблюдался недостаток азота у растений. Применялась традиционная обработка почвы. Соя (сорт P93Y70) высевалась 19-го июня с нормой посева 321 тыс. семян/га. Перед посевом провели инокуляцию семян, поскольку соя также никогда раньше не выращивалась на данном поле. Азотное удобрение вносили вразброс 22-го июля. Использовался гранулированный карбамид с NBPT и дициандиамидом. Только на 14-й день после проведения азотной подкормки прошел дождь.

## Результаты

В табл. 1 представлены результаты опытов, проведенных в 2009 и 2010 гг. В 2009 г. при внесении максимальной дозы азота, равной 134 кг N/га, была получена статистически значимая прибавка урожайности в 1.41 т/га относительно контрольного варианта опыта.

Из-за засушливой погоды в 2010 г. урожайность в Джипсуме была ниже, однако в целом были получены аналогичные результаты – прибавка от внесения 134 кг N/га составила 0.74 т/га по сравнению с контролем. Дальнейшее увеличение дозы азота до 168 кг/га не дало эффекта в 2010 г. Анализ средней урожайности за два года свидетельствует о том, что соя хорошо отзывалась на подкормку азотом, а максимальная урожайность была достигнута при внесении азота в дозе 134 кг N/га.

Таким образом, согласно результатам проведенных опытов, азотная подкормка статистически значимо повышает урожайность сои в случаях, когда при плохом развитии клубеньков растения испытывают недостаток азота. Внесение азота в дозе до 134 кг N/га было эффективным как в первый, так и во второй год исследований. Такая отзывчивость на азот при текущих ценах на удобрения и зерно свидетельствует о хорошей окупаемости затрат на проведение азотной подкормки даже при невысокой урожайности, которая была получена в 2010 г. Результаты данной работы были ранее опубликованы в Отчете Канзаса по изучению удобрений [Kansas Fertilizer Research Report] (Asebedo and Mengel, 2010).

## Выводы

При недостатке азота у растений сои азотная подкормка, проведенная в фазы образования или начала налива бобов, повышает урожайность, но необходимо отметить и следующие риски:

**Ожог листьев.** Наиболее безопасно использовать карбамид, чем растворы КАС.

**Газообразные потери азота.** Если после поверхностного внесения карбамида в теплую, влажную и ветреную погоду нет дождей, и удобрение остается на поверхности почвы, могут происходить газообразные потери азота в виде аммиака. Риск газообразных потерь азота можно минимизировать при

использовании карбамида, обработанного ингибитором уреазы (NBPT).

**Засушливая погода после проведения подкормки.** Если после проведения подкормки устанавливается засушливая погода, поверхностно внесенный азот может в нужное время не поступить в корнеобитаемый слой почвы и, соответственно, в растения.

**Повреждение растений в процессе проведения подкормки.** В рассматриваемые фазы роста сои техника, используемая при проведении подкормок, может повредить растения. В каждой конкретной ситуации принимается решение о том, перевесит ли польза от подкормки ущерб от повреждения растений техникой.

Мы рассмотрели условия выращивания сои, когда отзывчивость растений на применение азотных удобрений была вполне ожидаемой. Необходимо также отметить, что соя, возделываемая при орошении, обладает высоким потенциалом урожайности и может отзываться на применение азотных удобрений, даже внешне не проявляя признаков недостатка азота. Несколько лет назад в штате Канзас были изучены поздние подкормки сои азотными удобрениями (Lamond and Wesley, 2001). Указанные исследования проводились в условиях орошения, то есть при высоком потенциале урожайности, и в период проведения подкормки растения не проявляли внешних признаков недостатка азота. В подкормку в фазу начала образования бобов (R3) вносились две дозы азота – 22 и 45 кг N/га в виде карбамидно-аммиачной смеси (КАС), аммиачной селитры, карбамида и карбамида с ингибитором уреазы (NBPT). Подкормка азотом повышала урожайность сои в большинстве полевых опытов – прибавка урожайности составила от 0.40 до 0.67 т/га или от 5 до 10%. Внесение высокой дозы КАС (45 кг N/га) вызвало сильные ожоги листьев. Согласно выводам, при орошении посевов сои, обладающих высоким потенциалом урожайности, поздняя подкормка азотом в дозе 22 кг N/га должна проводиться в фазу начала образования бобов (R3).

*Д-р Менгель – специалист по плодородию почв Университета штата Канзас, г. Манхэттен (США); e-mail: dmengel@ksu.edu. Д-р Руис-Диас – специалист по применению удобрений Университета штата Канзас; e-mail: ruizdiaz@ksu.edu. Г-н Асебедео – магистрант-научный ассистент Университета штата Канзас. Г-н Максвелл – сельскохозяйственный консультант Центрального района штата Канзас, г. Салина.*

## Литература

- Asebedo, A.R. and D.B. Mengel. 2010. Kansas Fertilizer Research. Report of Progress 1049.  
Lamond, R.E. and T.L. Wesley. 2001. Better Crops with Plant Food. 85: No.2, 6-11.

*Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.*