

Sheldrick, W.F., J.K. Syers, and C.J. Lingard. 2003. Soil nutrient audits for China to estimate nutrient balances and output/input relationships. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(3):341-354.

Yang, X.E. 1988. Research on the genetic characteristics of plant mineral nutrition. *Advances of Soil Science*, 19(6):284-287.

Zheng, S.X. and F. Chen. 2004. Research on the technologies of high

efficient application potash for main crops in south China. *Evaluation of Soil K Fertility and Rational K Fertilization- Proceedings of 10th International Potash Symposium*, Science and Technology Publishing House of Jilin, p.227-233.

Перевод статьи и адаптация – к.б.н. Иванова С.Е., вице-президент IPNI по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку.

Экономические преимущества применения калийных удобрений при выращивании основных зерновых культур на Индо-Гангской равнине

С. Датта, К. Маджумдар, Т. Сатьянараяна

Стоимость калийных (К) удобрений в Индии за последние три года заметно выросла. Это вызвало обеспокоенность относительно рентабельности применения К-удобрений под зерновые культуры. Исследования по изучению отзывчивости риса, пшеницы и кукурузы на К-удобрения, недавно проведенные на Индо-Гангской равнине (ИГР), продемонстрировали достоверное повышение урожайности данных культур, а также доходности их возделывания при применении К-удобрений. Согласно полученным результатам, невнесение К-удобрений под указанные зерновые культуры ведет к нестабильным урожаям зерна и недополучению прибыли даже при повышении цен на К-удобрения. Экономическая оценка с использованием прогнозных показателей – стоимости К-удобрений и минимальной закупочной цены (МЗЦ) на зерно также свидетельствует о приемлемой окупаемости затрат на приобретение К-удобрений.

Общепринятое представление о том, что почвы Индии богаты калием и не требуют внесения К-удобрений, уже неактуально в условиях интенсивного производства сельскохозяйственных культур. Действительно, появляется все больше свидетельств растущего дефицита калия в результате недостаточного внесения или невнесения К-удобрений и несбалансированного применения азотных (N) и фосфорных (P) удобрений. Несбалансированное по калию применение удобрений, безусловно, оказывает негативное влияние на рост и развитие растений риса, пшеницы и кукурузы – основных зерновых культур, за счет которых формируется продовольственная безопасность Индии. Ситуация ухудшилась после недавнего увеличения цен на К-удобрения. Существует два способа, позволяющих справиться с ростом цен на удобрения: 1) повышение урожайности культур с определенным годовым приростом или 2) увеличение цен на сельхозпродукцию. Предыдущие исследования, проведенные в разных регионах Индии, выявили

значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур в результате применения К-удобрений, равно как и связанные с этим экономические выгоды. Расчет экономической отдачи от внесения К-удобрений при вышеуказанной высокой отзывчивости растений на калий с учетом МЗЦ на зерно и сложившейся стоимости 1 кг K_2O свидетельствует о том, что на одну рупию, вложенную в приобретение К-удобрений, можно получить доход в размере более 15-ти рупий. Рассматриваемое в данной статье исследование охватывало весь ИГР-регион и проводилось для того, чтобы оценить: 1) отзывчивость риса, пшеницы и кукурузы на применение К-удобрений в разных почвенно-климатических условиях; 2) экономическую выгоду от применения К-удобрений под основные зерновые культуры при сценарии роста цен на удобрения.

В рамках проекта «Инициатива по системам возделывания зерновых культур в Южной Азии» (CSISA) Международный институт питания растений (IPNI) совместно с Международным центром по улучшению кукурузы и пшеницы (CIMMYT) провел в 2009-2011 гг. полевые опыты на фермерских полях для установления отзывчивости сельскохозяйственных культур на основные элементы питания в разных почвенно-климатических условиях ИГР-региона. На полях фермеров в штатах Пенджаб, Харьяна, Уттар-Прадеш, Бихар, Джаркханд и Западная Бенгалия в общей сложности было проведено 45, 141 и 36 опытов соответственно на рисе, пшенице и кукурузе. В западной части ИГР-региона опыты проводились в условиях интенсивного орошаемого земледелия на достаточно крупных по размерам фермерских полях, а в восточной части Индии – на сильно фрагментированных фермерских полях в условиях неорошаемого низкоинтенсивного земледелия.

Результаты

Изучение отзывчивости основных зерновых

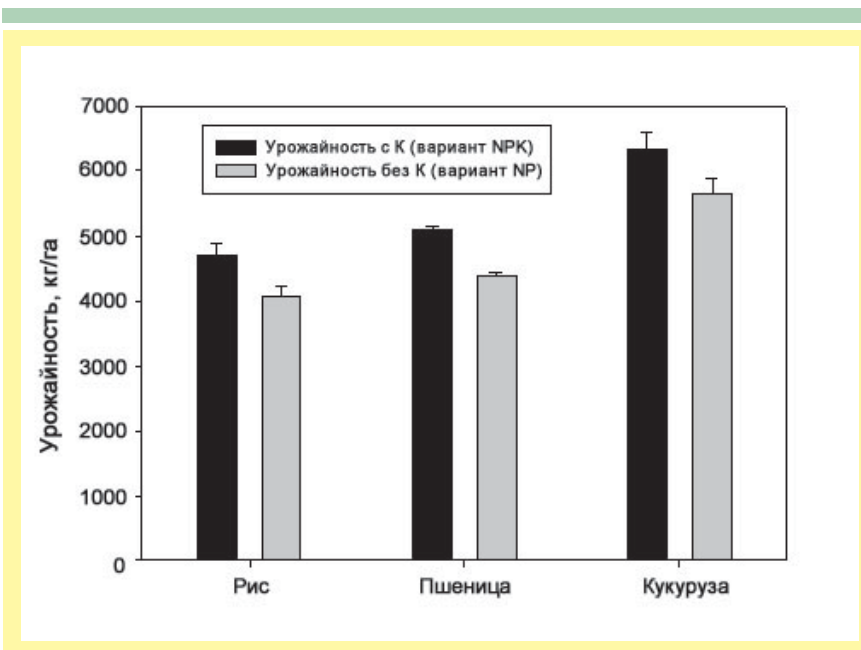


Рис. 1. Средняя урожайность зерна (кг/га) с внесением и без внесения К-удобрений под зерновые культуры в опытах, проведенных в разных почвенно-климатических условиях.

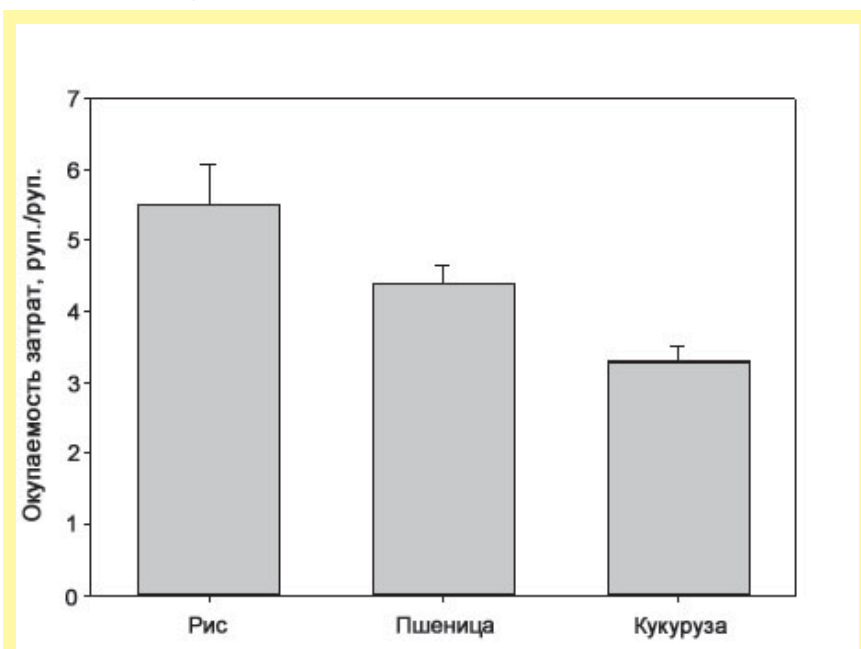


Рис. 2. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при цене 18,83 руп./кг K_2O по зерновым культурам в ИГР-регионе.

культур на К-удобрения, проведенное на фермерских полях обширного географического региона, показало, что:

1) Урожайность зерновых культур достоверно повышается в результате применения К-удобрений. Их невнесение под три основные зерновые культуры ведет к нестабильным урожаям зерна и недополучению прибыли фермерами.

2) Средний недобор урожая зерна риса, пшеницы и кукурузы на фермерских полях при исключении калия из состава удобрения составил соответственно 622, 715 и 700 кг/га. Это подтверждает концепцию о низкой калийснабжающей способно-

сти большей части почв в Индии.

3) Использование общих рекомендаций по применению К-удобрений в большинстве случаев ведет к их недостаточному либо избыточному внесению, и фермеры при этом несут экономические потери. Поэтому для повышения урожайности и рентабельности применения удобрений стратегия расчета доз К-удобрений должна основываться на ожидаемой отзывчивости культур на калий в каждом конкретном условиях, в дополнение к определению степени обеспеченности растений калием, исходя из анализа почвы.

В целом, проведенное нами исследование показало, что величина снижения урожайности риса, пшеницы и кукурузы в результате невнесения К-удобрений варьирует в опытах на фермерских полях. В большинстве случаев окупаемость затрат на приобретение К-удобрений оказалась достаточно высокой, что полностью развеяло миф об экономической невыгодности применения К-удобрений под зерновые культуры.

Методология

В полевых опытах на полях фермеров изучались следующие четыре варианта внесения удобрений:

- 1) Высокие дозы NPK
- 2) Высокие дозы PK (N0)
- 3) Высокие дозы NK (P0)
- 4) Высокие дозы NP (K0)

Дозы NPK под рис рассчитывались на планируемую урожайность 5-8 т/га и составили: 125-175 кг N, 50-80 кг P_2O_5 и 60-90 кг K_2O на гектар. Доза N под пшеницу рассчитывалась на планируемую урожайность 5-6 т/га и составила 150-180 кг/га, а дозы P и K были фиксированными – 90 кг P_2O_5 и 100 кг K_2O на гектар. Дозы NPK под кукурузу рассчитывались на планируемую урожайность 6-8 т/га и составили: 150-180 кг N, 70-115 кг P_2O_5 и 120-160 кг K_2O на гектар. Согласно протоколу опытов, вышеуказанные дозы NPK были выше реальной потребности культур в элементах питания для того, чтобы гарантированно исключить их недостаток у растений. Использование вышеуказанной схемы во всех регионах проведения опытов позволило

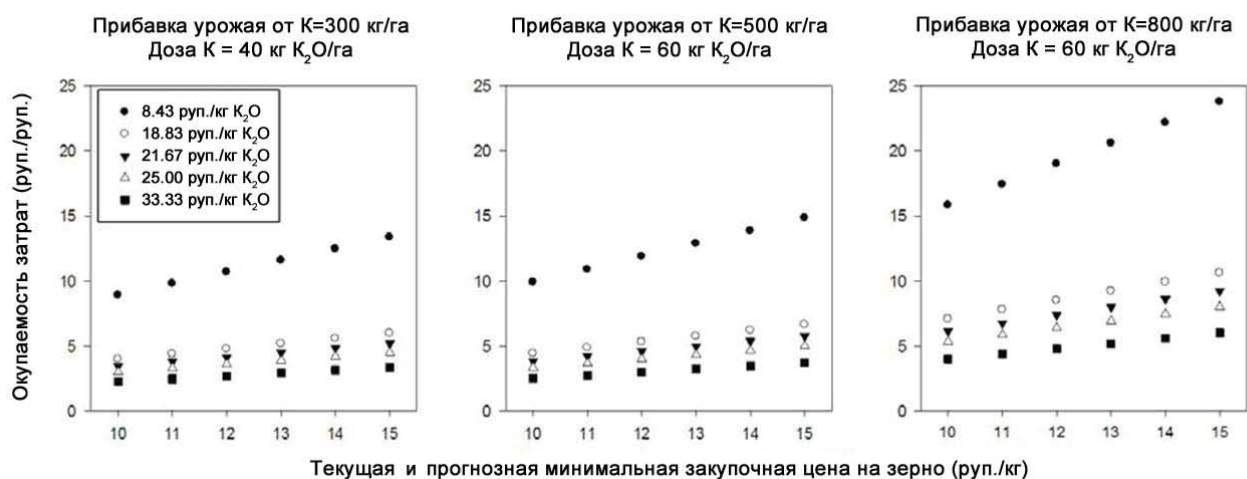


Рис. 3. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при разной отзывчивости риса на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на К-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно риса.

нам установить отзывчивость зерновых культур на К-удобрения, исходя из разницы в урожайности между вариантами с внесением NPK и NP. Мы рассчитали окупаемость затрат на приобретение К-удобрений (доход на одну рупию, вложенную в приобретение удобрений) при четырех сценариях изменения цен на хлористый калий (4455, 5055, 11300 и 13000 рупий/т), а также при четырех уровнях отзывчивости культур на К-удобрения (прибавки урожая зерна от К: 200, 500, 1000 и 1500 кг/га) и при трех дозах внесения К-удобрений (100, 80 и 60 кг K_2O /га) [1 доллар США равен приблизительно 50 рупиям]. Диапазон отзывчивости зерновых культур на калий, использованный в расчетах, соответствовал результатам опытов, проведенных на полях фермеров. Кроме того, мы провели расчеты на основе текущих и прогнозных показателей, включая цены на К-удобрения и МЗЦ на зерно риса, пшеницы и кукурузы, чтобы оценить окупаемость калийных удобрений на данных трех культурах при возможных сценариях.

Рис

Согласно результатам 45-ти полевых опытов, проведенных на фермерских полях, при внесении высоких доз NPK средняя урожайность зерна составила 4701 кг/га, а среднее снижение урожайности при исключении калия из состава удобрения – 622 кг/га (**рисунок 1**). Даже в таких штатах, как Пенджаб и Харьяна, которые традиционно считаются регионами с низкой отзывчивостью растений на внесение К-удобрений, недобор урожая зерна при невнесении калия составил 500-1000 кг/га. Экономический анализ показал, что окупаемость затрат на приобретение К-удобрений была в диапазоне 0.8-16.0 руп./руп. Это означает, что каждая рупия, вложенная в приобретение К-удобрений, способствовала получению прибавки урожая зерна риса стоимостью 0.8-16.0 рупий при среднем значении по опытам, равном 5.5 рупий (**рисунок 2**). Только в трех опытах наблюдалась отрицательная доходность от калия – менее 1.0 рупии до-

хода на одну рупию, вложенную в приобретение К-удобрений.

Экономические расчеты, основанные на прогнозных ценах на зерно риса и К-удобрения (**рисунок 3**) показали, что при самой высокой прогнозной стоимости калия (33.33 руп./кг K_2O) и самой низкой МЗЦ на зерно (10 руп./кг) окупаемость затрат на приобретение К-удобрений составляет 2.3 руп./руп. Данный расчет основан на дозе внесения калия 40 K_2O /га и прибавке урожая зерна от калия 300 кг/га и свидетельствует о рентабельном применении К-удобрений. Разумеется, увеличение МЗЦ на зерно повышает доходность. В случае более высокой отзывчивости риса на калий – при прибавках урожая зерна, равных 500 и 800 кг/га, окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при самой низкой МЗЦ на зерно достигает соответственно 2.5 и 4.0 руп./руп. с учетом дозы внесения 60 кг K_2O /га. В полевых опытах на фермерских полях калий вносился в дозах 60–100 кг K_2O /га, исходя из планируемой урожайности риса. Исключение калия из состава удобрения приводило к недобору урожая зерна риса на ≥ 500 кг/га в более чем половине опытов. Таким образом, при указанной отзывчивости на калий внесение 40-60 кг K_2O /га обеспечит фермерам хорошую окупаемость затрат на приобретение К-удобрений и будет способствовать сохранению плодородия почв. Необходимо понимать, что в большом ИГР-регионе разные типы почв, на которых возделывается рис, сильно различаются по своей калийснабжающей способности, поэтому определять дозу К-удобрений следует, исходя из ожидаемой отзывчивости растений на калий в каждом конкретном случае.

Пшеница

Результаты полевых опытов (141), проведенных на фермерских полях на Загангской и Верхнегангской равнинах, показали, что средняя урожайность зерна пшеницы при внесении высоких доз NPK составила 5096 кг/га. Недобор урожая при исключении калия из состава удобрения был

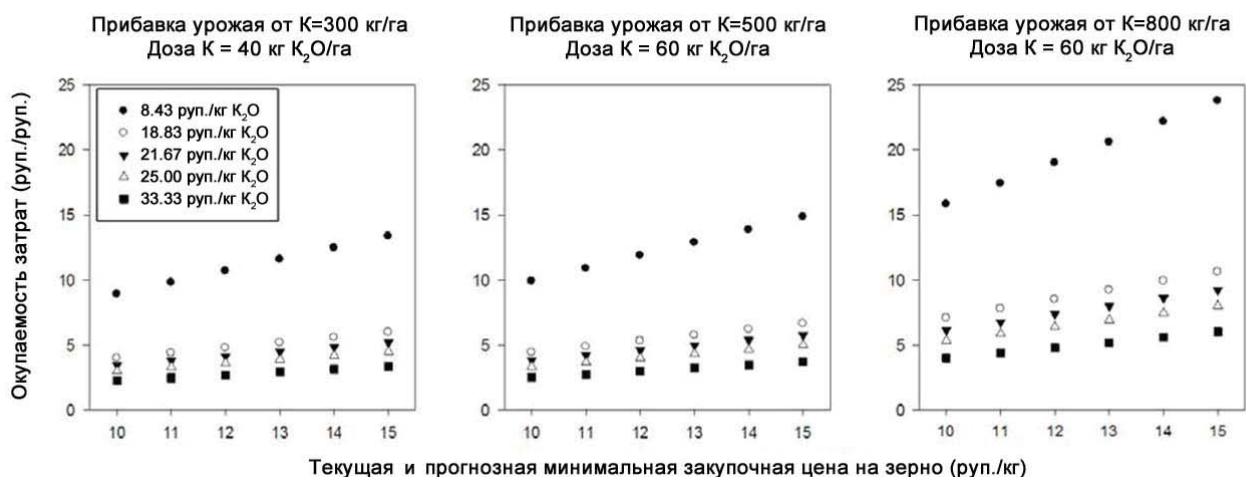


Рис. 4. Окупаемость затрат на приобретение K-удобрений при разной отзывчивости пшеницы на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на K-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно пшеницы.

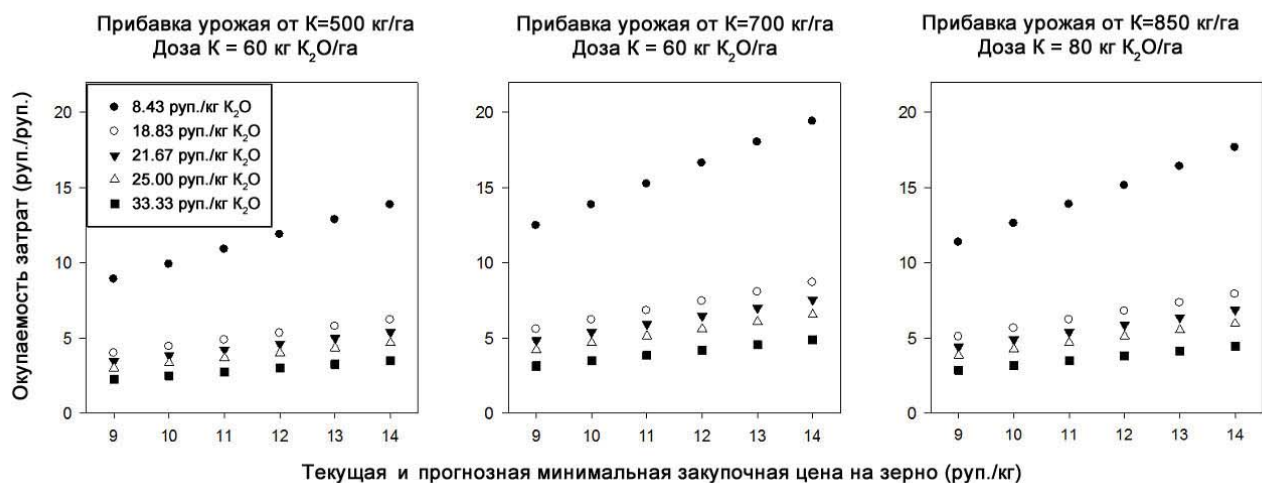


Рис. 5. Окупаемость затрат на приобретение K-удобрений при разной отзывчивости кукурузы на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на K-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно кукурузы.

в диапазоне 0-2222 кг/га при среднем значении 715 кг/га (рисунок 1). Недобор урожая в 715 кг/га при текущей МЗЦ на зерно пшеницы (11.7 руб./кг) эквивалентен недополученной прибыли в размере 8366 руб./га. Большая часть опытов была проведена в штатах Пенджаб, Харьяна, а также в западной части штата Уттар-Прадеш, где почвы традиционно считаются богатыми калием, и где K-удобрения рекомендуется либо не вносить, либо вносить в низких дозах. Окупаемость затрат на приобретение K-удобрений в опытах с пшеницей составила 0–13.22 руб./руп., а в среднем – 4.44 руб./руп. (рисунок 2). Только в 24-х опытах из 141-го (т.е. в 17% случаях) указанный показатель был менее 2.0 руб./руп. Расчеты проведены, исходя из текущей МЗЦ на зерно пшеницы и стоимости калия в размере 18.83 руб./кг K₂O.

Экономические расчеты, основанные на прогнозных показателях – ценах на K-удобрения и МЗЦ на зерно пшеницы, свидетельствуют о том, что при росте цен на K-удобрения с 8.33 до 33 руб./кг K₂O окупаемость затрат на их приобрете-

ние резко снижается (рисунок 4). Тем не менее, при текущей МЗЦ на зерно и максимальной прогнозной стоимости 1 кг K₂O вышеуказанный показатель составляет 2.9 руб./руп., т.е. соотношение затрат на приобретение K-удобрений и стоимости прибавки урожая от калия составляет 1:3 даже в регионах с самой низкой отзывчивостью пшеницы на калий. В регионах с высокой отзывчивостью пшеницы на калий (прибавка урожая зерна ≈ 1000 кг/га) окупаемость затрат на приобретение K-удобрений при их максимальной прогнозной стоимости и текущей МЗЦ на зерно достигает 4.1 руб./руп., делая вложение в покупку K-удобрений выгодной инвестицией для фермеров. В нашем исследовании в 25% опытов прибавка урожая зерна от калия превышала 1 т/га, что при текущих показателях – ценах на K-удобрения и МЗЦ на зерно пшеницы дает окупаемость затрат на приобретение K-удобрений, равную 8.0 руб./руп.

Кукуруза

Полевые опыты по изучению отзывчивости ку-

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 рупии (**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.