

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

С. Датта, К. Маджумдар, Т. Сатьянараяна

Стоимость калийных (K) удобрений в Индии за последние три года заметно выросла. Это вызвало обеспокоенность относительно рентабельности применения K-удобрений под зерновые культуры. Исследования по изучению отзывчивости риса, пшеницы и кукурузы на K-удобрения, недавно проведенные на Индо-Гангской равнине (ИГР), проде-

монстрировали достоверное повышение урожайности данных культур, а также доходности их возделывания при применении K-удобрений. Согласно полученным результатам, невнесение K-удобрений под указанные зерновые культуры ведет к нестабильным урожаям зерна и недополучению прибыли даже при повышении цен на K-удобрения. Экономическая оценка с использованием прогнозных показателей – стоимости K-удобрений и минимальной закупочной цены (МЗЦ) на зерно также свидетельствует о приемлемой окупаемости затрат на приобретение K-удобрений.

Общепринятое представление о том, что почвы Индии богаты калием и не требуют внесения K-удобрений, уже неактуально в условиях интенсивного производства сельскохозяйственных культур. Действительно, появляется все больше свидетельств растущего дефицита калия в результате недостаточного внесения или невнесения K-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 K-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 K-удобрений, равно как и связанные с этим экономические выгоды. Расчет экономической отдачи от внесения K-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 K-удобрений, можно получить доход в размере более 15-ти рупий. Рассматри-

мономонстрировали достоверное повышение урожайности данных культур, а также доходности их возделывания при применении K-удобрений. Согласно полученным результатам, невнесение K-удобрений под указанные зерновые культуры ведет к нестабильным урожаям зерна и недополучению прибыли даже при повышении цен на K-удобрения. Экономическая оценка с использованием прогнозных показателей – стоимости K-удобрений и минимальной закупочной цены (МЗЦ) на зерно также свидетельствует о приемлемой окупаемости затрат на приобретение K-удобрений.

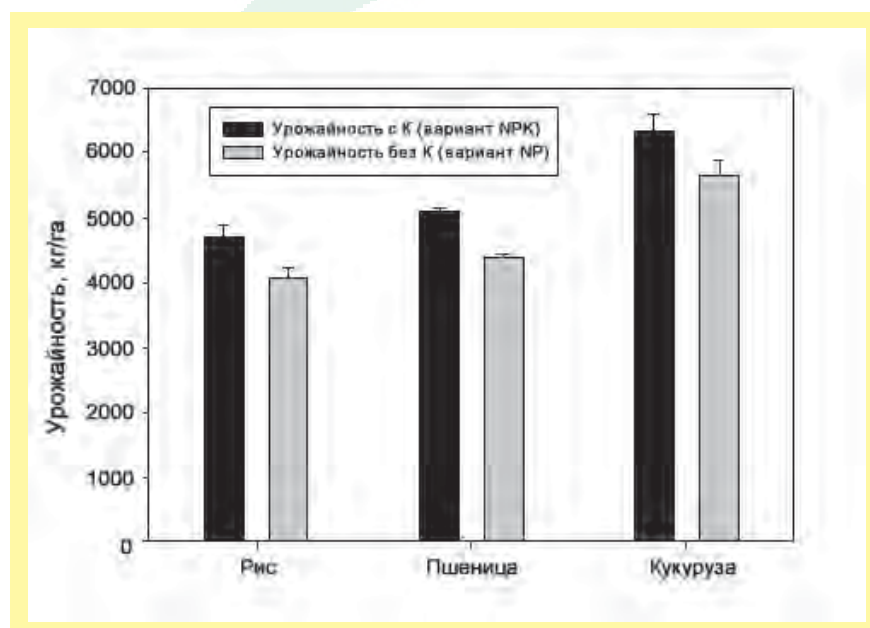


Рис. 1. Средняя урожайность зерна (кг/га) с внесением и без внесения K-удобрений под зерновые культуры в опытах, проведенных в разных почвенно-климатических условиях.

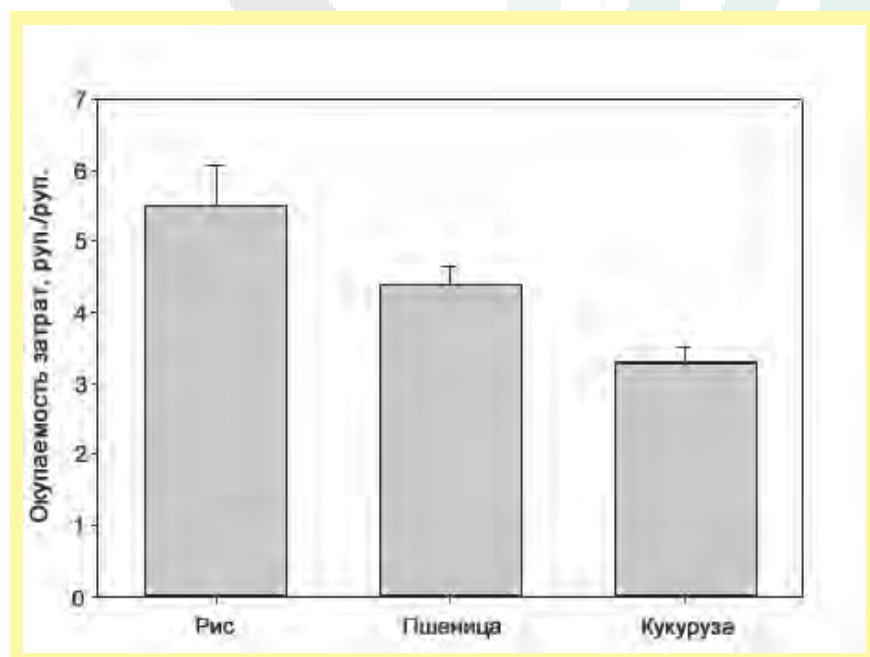


Рис. 2. Окупаемость затрат на приобретение K-удобрений при цене 18,83 руп./кг K_2O по зерновым культурам в ИГР-регионе.

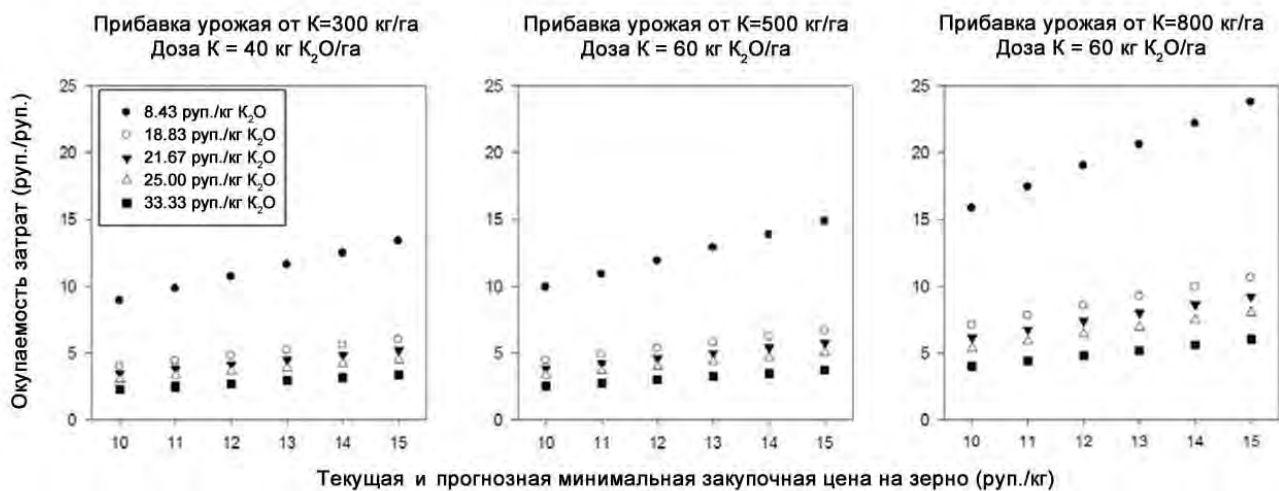


Рис. 3. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при разной отзывчивости риса на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на К-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно риса.

ваемое 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 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 способности 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 P₂O₅ и 60-90 кг K₂O 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 фиксиро-

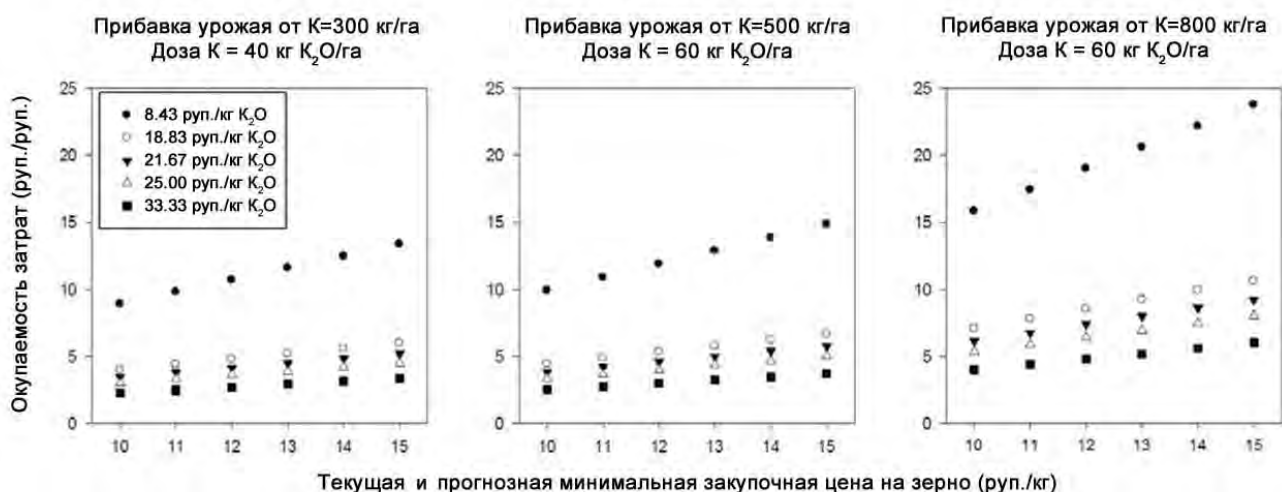


Рис. 4. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при разной отзывчивости пшеницы на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на К-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно пшеницы.

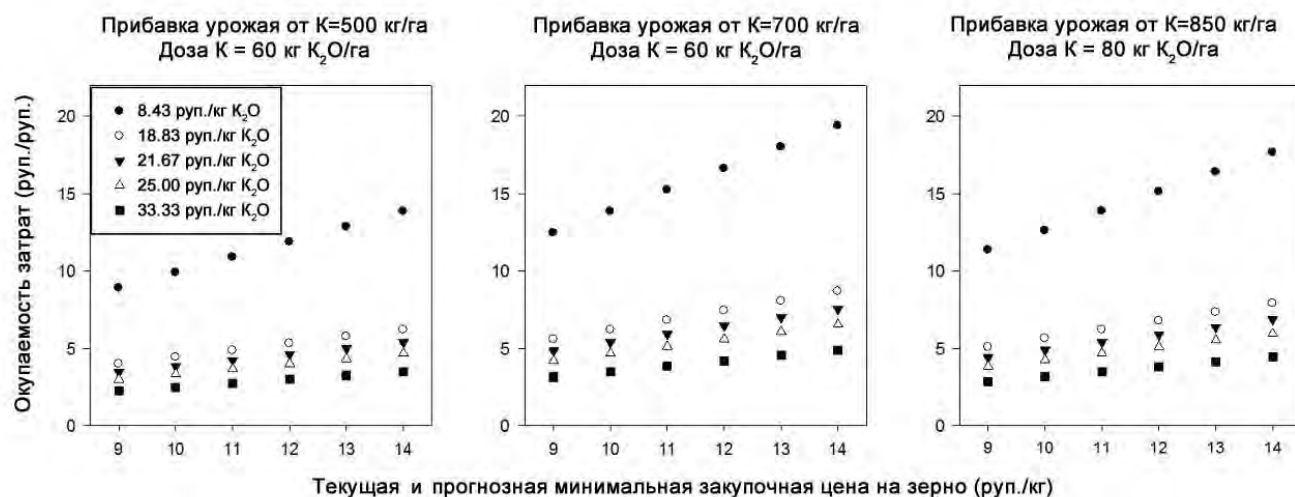


Рис. 5. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений при разной отзывчивости кукурузы на калий, рассчитанная исходя из прогнозных показателей – цен на К-удобрения и минимальных закупочных цен на зерно кукурузы.

ванными – 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 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 дохода 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 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 руп./кг) эквивалентен недополученной прибыли в размере 8366 руп./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 К-удобрения рекомендуется либо не вносить, либо вносить в низких дозах. Окупаемость затрат на приобретение К-удобрений в опытах с пшеницей составила 0–13.22 руп./руп., а в среднем – 4.44 руп./руп. (**рисунок 2**). Только в 24-х опытах из 141-го (т.е. в 17% случаях) указанный показатель был менее 2.0 руп./руп. Расчеты проведены, исходя из текущей МЗЦ на зерно пшеницы и стоимости калия в размере 18.83 руп./кг K_2O .

Экономические расчеты, основанные на прогнозных показателях – ценах на К-удобрения и МЗЦ на зерно пшеницы, свидетельствуют о том, что при росте цен на К-удобрения с 8.33 до 33 руп./кг K_2O окупаемость затрат на их приобретение резко снижается (**рисунок 4**). Тем не менее, при теку-

щей МЗЦ на зерно и максимальной прогнозной стоимости 1 кг K_2O вышеуказанный показатель составляет 2.9 руп./руп., т.е. соотношение затрат на приобретение К-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 К-удобрений при их максимальной прогнозной стоимости и текущей МЗЦ на зерно достигает 4.1 руп./руп., делая вложения в покупку К-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 К-удобрения и МЗЦ на зерно пшеницы дает окупаемость затрат на приобретение К-удобрений, равную 8.0 руп./руп.

Кукуруза

Полевые опыты по изучению отзывчивости кукурузы на N-, P- и К-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 К-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 К-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 приобретение К-удобрений, было получено менее 2.0 рупий дохода.

Внесение К-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 К-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 К-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 К-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 К-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 К-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.

Использование технологий точного земледелия для управления содержанием калия в почве в прикорневой зоне кукурузы – размышления о будущем

Т.С. Мюррелл, Т.Дж. Вин

Системы автоматического управления, применяемые в технологиях точного земледелия, позволяют контролировать удобряемый объем почвы, чтобы со временем создать зоны с высоким плодородием. Однако еще не совсем понятно, как это надо делать, чтобы обеспечить оптимальную отзывчивость растений на удобрения в краткосрочной и долгосрочной перспективе. При определении оптимального места для внесения К-удобрений в почву необходимо учитывать их последствие при внесении лентами, а также перераспределение калия в почве, которое обычно происходит в результате роста и развития данной культуры. Исследования показывают, что содержание калия в почве в большей степени зависит от того, проходил ли через данную точку поля ряд предшествующей культуры, чем от местоположения лент, куда ранее вносились калийные удобрения.

Современные системы точного земледелия способны обеспечивать очень высокий уровень точности определения положения оборудования на поле. Для существующего оборудования указывается максимальная точность прохода агрегата до 2.54 см. Эти технологии в сочетании с ГИС-программами позволяют определять местоположение агрегатов, а также регистрировать и запоминать каждый проход техники.

Такие характеристики обеспечивают новые возможности для оптимизации способа и места для внесения удобрений, особенно при внесении удобрений лентами до посева (например, глубокое ленточное внесение при полосовой обработке почвы) или при посеве. Вместо случайного размещения удобренных полос на поле и недостаточной информации об их расположении в предыдущие годы, фермеры могут теперь размещать ленты удобрений с учетом места их внесения в предыдущие годы. При желании фермер может вносить удобрение в одну и ту же полосу из года в год или смещать ленты на определенное расстояние. Таким образом можно контролировать объем удобряемой почвы более точно, чем прежде. Однако остается невыясненным вопрос о том, как следует размещать ленты при внесении удобрений в течение длительного времени для того, чтобы добиться максимальной рентабельности и урожайности.

Настоящая статья посвящена вопросам оптимизации внесения К-удобрений лентами под кукурузу в течение длительного времени. В отличие от азота и фосфора, локальное внесение калия не приводит к разрастанию корней в зоне, обогащенной этим элементом (Claassen and Barber, 1977). Следовательно, для того, чтобы корни полностью использовали повышенную концентрацию калия в удобренной полосе, одновременно следует внести азот или фосфор, или оба эти элемента.

В настоящее время при изучении различных способов обработки почвы и способов внесения удобрений, акцент делается на определение объема почвы в который должны вноситься удобрения для достижения максимальной урожайности кукурузы. Некоторую ясность в ответ на этот вопрос внесли Клаассен и Барбер (Claassen and Barber, 1977). Результаты исследования с растениями кукурузы, выращиваемыми в вегетационных сосудах в ростовой камере, показали, что в среднем максимальное накопление надземной биомассы у 17-дневных растений наблюдалось при обработке К-удобрениями не менее 50% объема почвы (рис. 1). Однако эти результаты не могут быть непосредственно перенесены в поле, учитывая вариабельность глубины корнеобитаемого слоя и других факторов при высокой плотности посевов, а также необходимость оценки их кумулятивного воздействия в течение всего вегетационного периода.

Преобладание почвозащитных систем земледелия привело к стратификации элементов питания на многих полях, при этом содержание фосфора и калия вблизи поверхности оказывается выше, чем в более глубоких слоях почвы. (Robbins and Voss, 1991). Монкриф с соавт. (Moncrief et al., 1985) показали, что при минимальной обработке почвы в сочетании с внесением удобрений вразброс стратификация элементов питания происходит достаточно быстро. В этой работе изучалось внесение калийных удобрений весной при нулевой обработке почвы и предпосевное внесение в сочетании с обработкой почвы чизельным плугом и культиватором. При этом было установлено, что спустя 2 месяца после внесения удобрений более высокое содержание К в почве, экстрагируемого раствором ацетата аммония, наблюдалось в верхних слоях почвы. Дифференцированное определение содержания К в почве на глубине 0–5,