



СОДЕРЖАНИЕ

Конкурс научных работ студентов и аспирантов Scholar Award-2016.....	1
Результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России в 2014.....	2
Калийное состояние почв Уругвая: текущая ситуация и прогнозы на будущее.....	5
Сбалансированное внесение калия под зерновые культуры с помощью «Экспертной программы расчета доз удобрений» (Nutrient Expert®): Повышение урожайности и рентабельности, снижение эмиссии парниковых газов.....	8
Повышение уровня обеспеченности почв калием в Китае при выращивании наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур.....	13
Обзор научных публикаций.....	16

Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы по Восточной Европе и Центральной Азии
e-mail: sivanova@ipni.net

Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России
e-mail: vnosov@ipni.net

Бесплатная подписка: ipni-eeca@ipni.net

125466 Россия, Москва,
ул. Ландышевая, д. 12, пом. 17а
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>
<http://eeca-ru.ipni.net>

e-mail: ipni-eeca@ipni.net

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений
© Международный институт питания растений 2015



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Конкурс научных работ студентов и аспирантов Scholar Award-2016

В 2016 году Международный институт питания растений в шестой раз проводит конкурс научных работ и приглашает к участию студентов и аспирантов биологических и сельскохозяйственных специальностей.

Премия в размере 2000\$ присуждается студентам старших курсов и аспирантам за научные работы в области питания растений и разработки систем применения удобрений. Премия присуждается независимо от получения других выплат.

Лучшие работы будут опубликованы в Вестнике питания растений, а также в англоязычном журнале «Better Crops with Plant Food».

Адрес для подачи документов: <https://www.ipni.net/scholar/learn>. Для получения дополнительной информации и помощи при подаче заявки: ipni-eeca@ipni.net, 8 (495) 580-64-14.

К участию в конкурсе допускаются студенты последних курсов бакалавриата, специалитета и магистратуры и аспиранты. При прочих равных условиях преимущество имеют студенты более младших курсов. Аспиранты, закончившие обучение на момент окончания приема документов, не могут участвовать в конкурсе вне зависимости от сроков проведения защиты диссертации.

Работы будут в первую очередь оцениваться с точки зрения соответствия целям IPNI.

Принимаются работы в следующих областях: почвоведение, растениеводство, агрономия, садоводство и овощеводство, экология, химия почв, физиология растений, и смежные.

Победители не могут повторно участвовать в конкурсе, премия присуждается только один раз.

Для участия в конкурсе необходимы следующие документы:

- Отсканированная зачетная книжка (для аспирантов – результаты сдачи кандидатских минимумов).
- Три отсканированных письма-рецензии на работу, одно из них – от научного руководителя. Письма должны быть оформлены на официальном бланке организации, подписаны автором. Необходимо также указать телефонный номер и электронный адрес автора письма.
- Конкурсная работа и ее краткое описание объемом не более 500 слов, позволяющее оценить ее оригинальность, глубину, информативность, новизну и значимость для IPNI. Крайне желательно также приложить полный текст представляемой на конкурс работы или статьи!

Для участия в конкурсе-2016 необходимо подать документы до **29 апреля 2016 года**. Результаты будут объявлены в сентябре 2016 года на сайте Международного института питания растений. Победители будут извещены персонально.



Результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России в 2014

С.Е. Иванова, В.А. Романенков, Л.В. Никитина

Ровно один год назад на страницах этого издания были опубликованы первые результаты совместного научного проекта Международного Института Питания Растений и Всероссийского НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, стартовавшего осенью 2012 года. Проект направлен на совершенствование рекомендаций по внесению калийных удобрений и корректировке существующих градаций обеспеченности почв калием в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур (Иванова С.Е. и др., 2014). В данной статье представлены результаты, полученные осенью 2014 – второго года исследований.

Для продолжения исследований по отзывчивости сахарной свеклы, рапса, сои и кукурузы на зерно на калийные удобрения осенью 2013 года была заложена вторая серия краткосрочных полевых производственных опытов в Центрально-Черноземном (ЦАС Липецкий, ГЦАС Воронежский и Белгородский ГУ) и Северо-Кавказском (ГЦАС Ростовский) регионах. Опыты заложены в хозяйствах с уровнем урожайности выше среднего в данном регионе на черноземах со средним, повышенным и высоким содержанием доступных для растений форм калия. Эти опыты будут проводиться в течение 2-х лет в звене севооборота. В опытах изучается влияние 4-х возрастающих доз К на фоне оптимальных доз NP при абсолютном контроле (без удобрений). Калийные удобрения вносились под культуру севооборота, наиболее требовательную к калию, в форме гранулированного хлористого калия.

Осенью 2014 года в опытах было оценено влияние калийных удобрений на урожайность основной и побочной продукции следующих культур: в Воронежской области – сахарная свекла и кукуруза на зерно, в Липецкой – сахарная свекла и яровой рапс, в Белгородской – соя, в Ростовской – сахарная свекла и кукуруза на зерно.

Каждый вариант опыта проводится в трех повторностях, с изучением последствия однократной большой дозы калийных удобрений при возделывании последующих культур звена севооборота.

Для опытов с сахарной свеклой приняты следующие варианты внесения удобрений: абсолютный контроль (без удобрений), NP в оптимальных дозах для хозяйства – фон, фон +K70(K1), фон + K140(K2), фон +K210(K3), фон +K280(K4).

Для опыта со второй культурой приняты следующие варианты внесения удобрений: для кукурузы на зерно – абсолютный контроль (без удобрений), NP в оптимальных дозах для хозяйства – фон, фон +K60(K1), фон+ K120 (K2), фон +K180(K3), фон +K240(K4); для сои и рапса ярового – абсолютный

контроль (без удобрений), NP в оптимальных дозах для хозяйства – фон, фон +K30(K1), фон+ K60 (K2), фон +K90(K3), фон +K120(K4).

Кроме того, в опытах первого этапа закладки (осень 2012 – 2013), результаты которых были представлены ранее (Иванова С.Е. и др., 2014) в 2014 изучали последствие калийных удобрений, внесенных осенью 2012 года под предыдущую культуру.

В целом из-за сравнительно более засушливых условий вегетации 2014 года достигнутый в опытах уровень урожайности для всех изученных культур был значимо ниже по сравнению с 2013 годом. Рассмотрим результаты, полученные в каждом регионе более подробно.

Воронежская область

В опыте, проводимом в Воронежской области, на сахарной свекле (гибрид Росанта) был достигнут высокий уровень урожайности (более 50 т/га). При этом установлено положительное действие калийных удобрений, обусловивших 15-21% увеличение урожайности корнеплодов сахарной свёклы при внесении двойной (140 кг K_2O /га), тройной (210 кг K_2O /га) и максимальной дозы калийных удобрений (280 кг K_2O /га) по сравнению с азотно-фосфорным фоном (табл. 1). Благодаря положительному действию калийных удобрений с ростом урожайности сахаристость свеклы не снижалась, что обеспечило соответствующий прирост сбора сахара – с 6.7 до 8.0 т/га (рис. 1).

В опыте с кукурузой на зерно внесение калийных удобрений приводило к значимому росту урожайности зерна на 5-15%, при сохранении его качества.

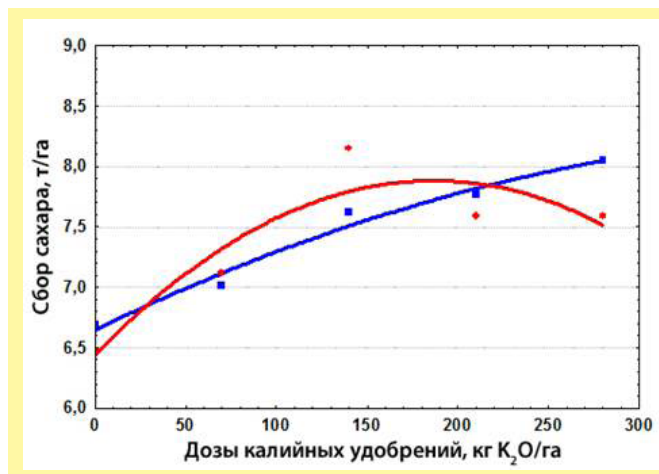


Рис. 1. Влияние доз калийных удобрений на сбор сахара в опытах 2014 г. Графики: синий - Воронежская область, красный – Липецкая область

Таблица 1. Влияние калийных удобрений на увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в полевых производственных опытах		
Действие удобрений в первый год внесения, опыты второго этапа закладки		
Область	Культура, основная продукция	Максимальная прибавка урожая от калия, %
Воронежская	Сахарная свёкла	24*
	Кукуруза на зерно	15
Липецкая	Сахарная свёкла	12
	Яровой рапс	14
Белгородская	Соя	7
Ростовская	Сахарная свёкла	10
	Кукуруза на зерно	8
Последствие удобрений (1 год) в опытах первого этапа закладки		
Область	Культура, основная продукция	Максимальная прибавка урожая от калия, %
Воронежская	Яровой ячмень	18
	Яровая пшеница	20
Липецкая	Озимая пшеница	16
	Озимая пшеница	33
Белгородская	Озимая пшеница	4
	Яровой ячмень	7
Ростовская	Озимая пшеница	10
	Озимая пшеница	4
<i>*Жирным шрифтом выделены опыты со значимым ростом урожайности</i>		

Максимальная урожайность (3.6 т/га) была достигнута в варианте с внесением 120 К₂О кг/га. При этом прибавка урожая от калия составила 0.5 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм К₂О обеспечил получение дополнительных 4 кг зерна кукурузы.

В опыте с яровой пшеницей на последствие калийных удобрений получен достоверный прирост урожайности яровой пшеницы на 9-20% по сравнению с азотно-фосфорным фоном на вариантах с двойной (140 кг К₂О/га), тройной (210 кг К₂О/га) и максимальной дозой калия (280 кг К₂О/га), внесенной осенью 2012 года под предыдущую культуру севооборота – сахарную свеклу. Максимальная урожайность яровой пшеницы (4.1 т/га) была достигнута в варианте с внесением максимальной дозы (280 кг К₂О/га), при этом качество пшеницы соответствовало I классу мягкой пшеницы (здесь и далее – по ГОСТ Р 52554-2006) за счет содержания клейковины на уровне 32% и снижения ИДК до 75 единиц, остальные варианты обеспечили получение зерна II класса. Максимальная прибавка урожая от калия составила 0.7 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 2.5 кг зерна яровой пшеницы.

В опыте с ячменем на последствие калийных удобрений достоверный рост урожайности на 12-18% отмечен на варианте с тройной (180 кг К₂О/га) и максимальной дозой калия (240 кг К₂О/га), внесенных осенью 2012 года под предыдущую культуру

ру севооборота – кукурузу на зерно. Максимальная прибавка урожая от калия составила 0.8 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 3.3 кг зерна ячменя.

Последствие калия обусловило рост массы 1000 зерен на 5%, а также повысило содержание белка в зерне ячменя. Последнее обстоятельство может быть критическим при возделывании пивоваренных сортов.

Липецкая область

В Липецкой области в опыте с сахарной свеклой (гибрид Вентура) был достигнут средний уровень урожайности (до 36 т/га), при этом положительный эффект от калийных удобрений отмечен при внесении всех доз с достоверным ростом урожая корнеплодов на 7-14% по сравнению с азотно-фосфорным фоном. Выход сахара увеличился максимально на 26% (с 6.5 до 8.2 т/га), что обеспечивалось как ростом урожайности, так и увеличением сахаристости корнеплодов в среднем на 3% по сравнению с НР фоном.

В опыте с яровым рапсом (сорт Ратник) была достигнута максимальная урожайность 1.25 т/га. При этом калийные удобрения обеспечивали достоверную прибавку урожая рапса по сравнению с азотно-фосфорным фоном на 6-28%. Прирост урожая происходил при сохранении масличности семян, а также при снижении кислотного числа почти вдвое, что увеличивает сохранность рапса при хранении. Максимальная прибавка урожая от калия составила 0.15 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 2.5 кг семян рапса.

В двух опытах с последствием калия на озимой пшенице, внесенного под предыдущую культуру севооборота – сахарную свеклу и рапс, во всех вариантах опыта обеспечивался достоверный рост урожайности по сравнению с азотно-фосфорным фоном. При этом прибавка урожая от калия составила 8-33%. Последствие калия обеспечило увеличение содержания белка в зерне пшеницы на 1-1.7%, увеличение натурности зерна на 5-10 г и стекловидности. Улучшение качества зерна у сорта пшеницы Безенчукский 380 позволило получить зерно I класса на вариантах с последствием одинарной (60 кг К₂О/га), двойной (120 кг К₂О/га), и максимальной дозой калия (240 кг К₂О/га), внесенных под предыдущую культуру – рапс, осенью 2012 года. При этом максимальная прибавка урожая от калия составила 0.7 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 4 кг зерна пшеницы. Улучшение качества зерна у сорта Московская 39 позволило получить зерно I класса на вариантах с последствием одинарной (70 кг К₂О/га), тройной (210 кг К₂О/га) и максимальной (280 кг К₂О/га) дозой калия, внесенных под предыдущую культуру – сахарную свеклу, осенью 2012 года. При этом максимальная прибавка урожая от калия составила 0.8 т/га. Таким образом,

каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 4.5 кг зерна пшеницы. В обоих опытах в варианте с внесением только азотных и фосфорных удобрений было получено зерно более низкого II класса.

Белгородская область

В опыте с соей (сорт Ланцентная) достоверное повышение урожайности на 6-7% по сравнению с азотно-фосфорным фоном достигнуто на вариантах с внесением 60-120 кг K_2O /га. Максимальная прибавка урожая от калия была получена в варианте с внесением 90 кг K_2O /га и составила 0.12 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 1.3 кг семян сои. Повышение урожайности сои происходило при стабильности ее качества – содержание белка и жира сохранялось на уровне 36 и 20% соответственно.

В опыте с последствием калийных удобрений достоверная прибавка урожая пивоваренного ячменя составила 5-7% по сравнению с NP-фоном на вариантах с внесением 60-240 кг K_2O /га осенью 2012 года под предыдущую культуру севооборота – кукурузу на зерно. Максимальная прибавка урожая от калия составила 0.3 т/га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 1.6 кг зерна ячменя. При росте урожайности содержание белка оставалось стабильным на уровне 9.5-9.8%.

Ростовская область

В Ростовской области в опыте с сахарной свеклой (сорт Ардан) действие калийных удобрений обусловило рост урожайности на 4-8%, что оказалось незначимым за счет высокого пространственного варьирования данных. Однако в вариантах с внесением калийных удобрений наблюдался рост сахаристости на 1%, при этом сбор сахара возрастал на 7-9% - до 8.7-8.9 т/га. В опыте с кукурузой на зерно прибавка урожая от калия составила 0.5 т/га или 8% в варианте с внесением 180 кг K_2O /га. Таким образом, каждый внесенный килограмм калия обеспечил получение дополнительных 3 кг зерна кукурузы.

Сравнение экономической эффективности применения калийных удобрений в полевых опытах 2014 г. под различные культуры с учетом затрат на 1 тонну гранулированного хлористого калия в физическом весе, равных 13 тысячам рублей (включая стоимость удобрений 11 000 руб/т в физическом весе и затраты на доставку до поля – 2000 рублей), показывает, что наиболее эффективным оказалось внесение под сахарную свеклу как более требовательную к калию культуру с максимальным увеличением доходности с 1 га на 15 тыс.руб. в опы-

те в Воронежской области и 5 тыс. руб. – в опыте в Липецкой области. При этом в Липецкой области максимальный рост рентабельности на сахарной свекле составил 6%, в Воронежской области – 21%.

При возделывании рапса в Липецкой области максимальный рост доходности был при дозе 60 кг K_2O /га и составил 380 руб/га при росте рентабельности в 1%.

В опытах с последствием калия на зерновых культурах получено стабильное повышение рентабельности применения калийных удобрений. Максимальное увеличение доходности с 1 га по сравнению с NP-фоном получено на озимой пшенице (4200-6075 руб.) в опытах в Липецкой области. Здесь же получен максимальный рост рентабельности. На яровых культурах (ячмень и пшеница) максимальный рост дохода составил 3000-3800 руб. с 1 га при применении тройной и максимальной дозы калия с ростом рентабельности на 33-54% по сравнению с фоном.

В следующем году будут обобщены и опубликованы результаты всех трех лет исследований, но уже по итогам первых двух лет можно сделать практический вывод о том, что невнесение калийных удобрений на черноземах с высокой и достаточной обеспеченностью калием приводит к существенному недобору урожая сахарной свеклы, кукурузы на зерно, рапса и сои. Применение калийных удобрений приводит не только к росту урожайности и качества возделываемых культур в первый год внесения, но и оказывают существенное положительное последствие на урожайность и качество следующей зерновой культуры в севообороте (яровая и озимая пшеница, ячмень).

Иванова С.Е. - кандидат биологических наук, вице-президент Международного Института Питания Растений по Восточной Европе и Центральной Азии. e-mail: sivanova@ipni.net.

В.А. Романенков - доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а. e-mail: viua@online.ru

Никитина Любовь Васильевна - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а. e-mail: kalinik@bk.ru

Литература

Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Первые результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России. Ключевой элемент, №1, 2014, стр. 6-10.

Калийное состояние почв Уругвая: текущая ситуация и прогнозы на будущее

М. Барбазан, К. Баутес, Л. Бьюкс, Ж.М. Бордоли, А. Калифра, Ж.Д. Кано, А. дель Пино, О. Эрнст, А. Гарсия, Ф. Гарсия, С. Маззилли и А. Квинке

В ходе недавно проведенных исследований был выявлен недостаток калия у основных полевых культур, выращиваемых в Уругвае. Предварительный анализ данных свидетельствует о том, что недостаточно обеспеченные обменным калием почвы занимают около 5 млн га. Исходя из обобщения результатов 50-ти полевых опытов, критическое содержание обменного калия в почве составляет 0.34 ммоль (экв)/100 г почвы (133 мг К/кг почвы).

В Уругвае предпринимались немногочисленные попытки изучения динамики калия в почвах по сравнению с усилиями по изучению динамики азота и фосфора, которая была исследована в разных почвенно-климатических условиях при использовании разных систем земледелия. Наиболее ранние исследования по изучению отзывчивости растений на применение калийных удобрений проводились с сельскохозяйственными культурами, имеющими высокую потребность в калии, – сахарным тростником, сахарной свеклой, картофелем, луком и хлопчатником. Для разных типов почв был разработан ряд рекомендаций по применению минеральных удобрений под указанные культуры. В 1960-х гг. были проведены первые исследования по питанию зерновых культур. Эти работы продемонстрировали отзывчивость пшеницы на применение калийных удобрений на почвах, развитых на песчаниках меловой формации. Два десятилетия спустя в северо-восточной части страны было проведено несколько исследований по питанию сои, согласно результатам которых растения либо слабо отзывались, либо совсем не отзывались на применение калийных удобрений. Немногочисленность исследо-



ваний по калийной тематике, по-видимому, связана с тем, что сельское хозяйство страны в первую очередь развивалось в регионах, почвы которых имели высокую обеспеченность обменным калием ($K_{обм.}$). При этом практиковались севообороты с включением пастбищных полей, и использовалась традиционная обработка почвы. Это объясняет отсутствие рекомендаций по применению калийных удобрений в то время. Их внесение рекомендовалось только при содержании $K_{обм.}$ в почве (вытяжка ацетата аммония) менее 0.30 ммоль (экв)/100 г почвы (117 мг К/кг почвы), исходя из результатов работ, проведенных в «кукурузном поясе» США. Эти работы показали, что при содержании $K_{обм.}$ в почве более 0.23-0.33 ммоль (экв)/100 г почвы (90-130 мг К/кг почвы) низка вероятность того, что растения сои и кукурузы будут отзываться на применение калийных удобрений при использовании традиционной обработки почвы.

В полевых исследованиях, проведенных позднее агрономическим факультетом Республиканского университета, Национальным исследовательским институтом сельского хозяйства и другими организациями, на почвах с низким содержанием $K_{обм.}$ в ряде случаев были выявлены признаки недостатка калия у кукурузы и люцерны рогатой (*Lotus corniculatus* L.). Увеличивающееся распространение внешних признаков недостатка калия повлекло за собой проведение специальных исследований, которые продемонстрировали отзывчивость ряда сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений. Обобщение результатов 50-ти недавно проведенных полевых исследований (с еди-

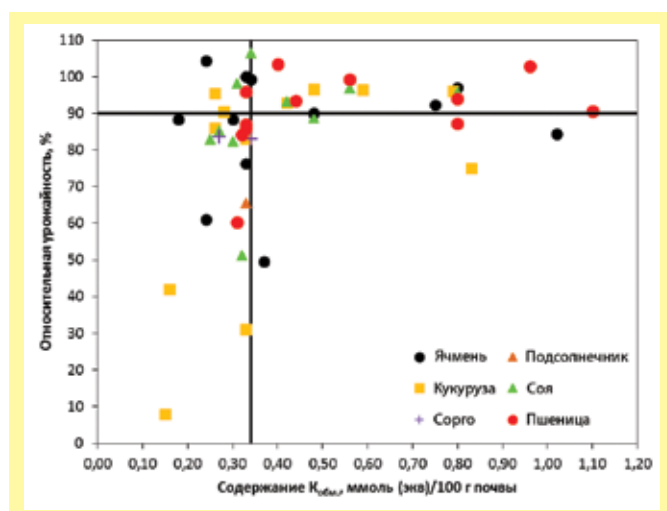


Рис. 1. Взаимосвязь между относительной урожайностью сельскохозяйственных культур и содержанием обменного калия ($K_{обм.}$) в почвах Уругвая (слой 0-20 см). Представлено обобщение результатов 50-ти полевых опытов. Относительная урожайность рассчитывалась как процентное соотношение между средней урожайностью в контрольном варианте и при внесении хлористого калия (100-200 кг/га в физическом весе). Источник: Barbazán и др., 2010; 2011.

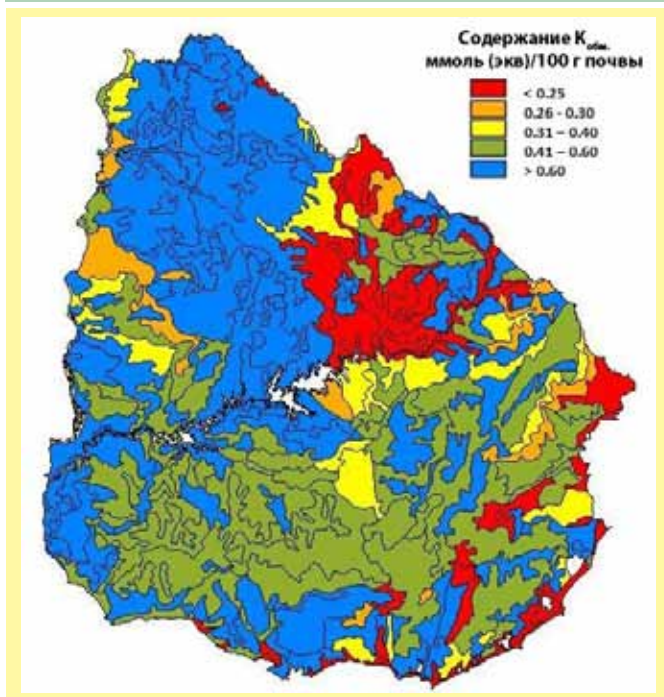


Рис. 2. Содержание обменного калия ($K_{обм}$) в почвах Уругвая (слой 0-20 см) по данным почвенного обследования. Масштаб: 1:1000000. Источник: Califra и Barbazán (неопубликов. данные).

ной системой обработки почвы, схемой опытов, дозами и формами калийных удобрений) позволило установить, что критическое содержание $K_{обм}$ в слое почвы 0-20 см составляет 0.34 ммоль (экв)/100 г почвы или 133 мг К/кг почвы (Barbazán и др., 2010; 2011). Это был прорыв в изучении калийной проблематики в Уругвае (рис. 1).

Распределение содержания $K_{обм}$ в почвах и баланс калия в земледелии Уругвая

Почвы Уругвая характеризуются широким диапазоном содержания $K_{обм}$ (рис. 2). Согласно результатам проведенного в стране почвенного обследования, почвенные разности с низкой обеспеченностью доступным для растений калием занимают приблизительно 5 млн га. В сельскохозяйственной зоне на западе Уругвая содержание $K_{обм}$ в почвах обычно находится в диапазоне от среднего до высокого.

Однако за последние два десятилетия ситуация в сельском хозяйстве Уругвая значительно изменилась: произошла интенсификация систем земледелия. Текущий уровень интенсивности составляет 1.5 культуры в год (DIEA, 2015), что ведет к истощению почвенных резервов калия. Например, результаты исследований, проведенных в департаменте Сорьяно (Западная сельскохозяйственная зона), свидетельствуют о том, что содержание $K_{обм}$ в почвах, на которых ведется сельхозпроизводство, снизилось на 40 и 44% в слоях 0-7.5 и 7.5-15 см соответственно по сравнению с залежными почвами. Следует также отметить, что сельское хозяйство стало распространяться на маргинальные (малоплодородные) территории, где преобладают почвы с низким содержанием $K_{обм}$.

Без применения калийных удобрений в земледелии



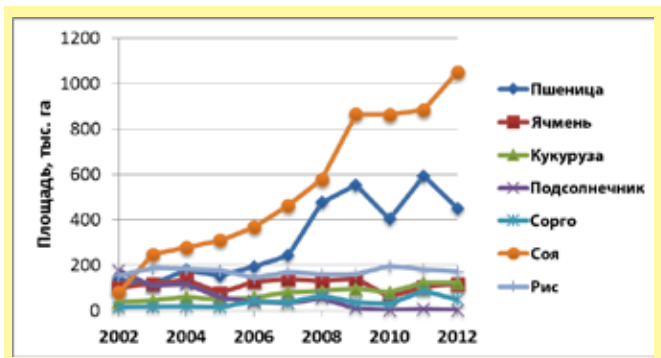


Рис. 3. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур в Уругвае за период 2002-2012 гг. Источник: DIEA, 2015.

лии Уругвая исторически складывался отрицательный баланс калия, рассчитываемый как разность между поступлением калия с удобрениями и его выносом с урожаем (Mancassola и Casanova, 2015). Более того, с ростом посевных площадей сои (рис. 3) баланс калия стал еще более дефицитным из-за высокой потребности данной культуры в калии. Валовой сбор сои в 2012 г. составил 2.76 млн т, то есть, исходя из среднего содержания калия в семенах сои, вынос калия с урожаем был равен приблизительно 55 тыс. т K_2O .

Принимая во внимание большие площади сельскохозяйственных земель и зависимость от импорта калийных удобрений, а также их текущую стоимость в Уругвае, очень важно определить приоритетные направления исследований с учетом имеющихся представлений о динамике калия в почве. Полученная информация поможет разработать системы применения калийных удобрений. Агрономы и фермеры в разных регионах страны уже проявляют озабоченность относительно обеспеченности почв калием, что находит отражение в растущем спросе на проведение анализов на содержание $K_{обм.}$ в почве.

Вынос калия из почв с урожаями увеличился в результате роста валовых сборов сои. В настоящее время соя выращивается на разных типах почв с разной обеспеченностью доступными и труднодоступными формами калия на площади приблизительно 1 млн га. Качество послеуборочных растительных остатков и способы их утилизации могут оказывать влияние на распределение калия по профилю почвы. Это необходимо учитывать при проведении почвенных обследований (отборе почвенных образцов) и разработке рекомендаций по применению калийных удобрений.

Текущая исследовательская и опытная работа сфокусирована на изучении динамики калия в почвах в зависимости от минералогического состава и физических свойств почв. Изучается также влияние систем земледелия и способов обработки почвы на динамику калия в почвах в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Проводимые исследования помогут разработать рекомендации по примене-

нию калийных удобрений. Эффективное использование калийных удобрений зависит от успеха в изучении динамики калия в системе «почва-растение». Это подразумевает изучение минерального питания растений и агрохимических свойств почв в условиях регулируемого почвенного плодородия. Проведение длительных полевых опытов будет в значительной степени способствовать решению существующих, а также прогнозируемых проблем.

Д-р Барбазан, д-р дель Пино, г-н Бордоли и г-н Калиффа – сотрудники каф. почвенных и водных ресурсов агрономического факультета Республиканского университета, г. Монтевидео (Уругвай). E-mail: mbarbaz@fagro.edu.uy.

Г-н Баутес и г-жа Бьюкс – консультанты (частная практика), г. Мерседес (Уругвай).

Г-н Эрнст и д-р Маззилли – сотрудники каф. растениеводства агрономического факультета Республиканского университета, г. Пайсанду (Уругвай).

Г-жа А. Гарсия и д-р Квинке – сотрудники Опытной станции (п. Ла Эстансуэла) Национального исследовательского института сельского хозяйства (Уругвай).

Д-р Ф. Гарсия – Региональный директор Международного института питания растений по странам «Южного конуса» Латинской Америки (Аргентина).

Литература

- Barbazán M., Boutes C., Beux L., Bordoli J., Cano J., Ernst O., García A., García F., Quicke A. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. *Agrociencia (Uruguay)*, 15 (2): 93-99.
- Barbazán M., C. Boutes, L. Beux, M. Bordoli, J. Cano, O. Ernst, A. García, F. García, and A. Quincke. 2010. Taller "Dinámica de las propiedades del suelo bajo diferentes usos y manejos" de la Sociedad Uruguaya de Ciencia del Suelo (SUCS) y Rama Uruguay de la International Soil and Tillage Research Organization (ISTRO Branch Uruguay). 12 al 14 de julio, Colonia, Uruguay. CD-ROM.
- DIEA – MGAP. 2015. Anuario estadístico agropecuario 2014. <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2.diea.diea-anuario-2014.O.es.0>. Verified 15 October 2015. Uruguay.
- Mancassola M.V. and O. Casanova. 2015. Balance de nutrientes de los principales productos agropecuarios de Uruguay para los años 1990, 2000 y 2010. *Informaciones Agronomicas de Hispanoamerica*. 17:2-13. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/1FBFE76748E1474185257E0A0065CD05/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/1FBFE76748E1474185257E0A0065CD05/$FILE/2.pdf)

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

Сбалансированное внесение калия под зерновые культуры с помощью «Экспертной программы расчета доз удобрений» (Nutrient Expert®): Повышение урожайности и рентабельности, снижение эмиссии парниковых газов

Сударшан Кумар Датта, Каушик Маджумдар и Т. Сатьянараяна

Недостаточное и несбалансированное применение минеральных удобрений, особенно калийных, при выращивании зерновых культур в Индии ведет к снижению их продуктивности и, соответственно, валовых сборов зерна в стране. Одна из основных причин сложившейся ситуации – отсутствие алгоритма рекомендаций, приемлемого для мелких фермеров с ограниченными техническими ресурсами. «Экспертная программа расчета доз удобрений» (Nutrient Expert®) позволяет выработать рекомендации по сбалансированному применению удобрений в зависимости от планируемого уровня урожайности, а также обеспеченности фермеров техническими ресурсами. Рекомендации по применению минеральных удобрений, полученные с помощью модели Nutrient Expert®, позволяют фермерам вносить в почву необходимое количество калия и других элементов питания. Это способствует росту продуктивности зерновых культур, повышению рентабельности растениеводства, а также снижению эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв.

За последние четыре десятилетия применение минеральных удобрений в Индии значительно выросло. В период между 1969-1970 гг. и 2011-2012 гг. ежегодное потребление NPK (N, P₂O₅ и K₂O) выросло примерно в 12 раз – с 2 до 25.5 млн т (FAI, 2014). Однако при этом наблюдается несбалансированное соотношение между тремя элементами питания. Так, на долю азота приходится порядка 66% от общего потребления NPK в стране (Majumdar и др., 2014), а доля P₂O₅ и K₂O составляет 26% и 8% соответственно (FAI, 2014). Это вызывает серьезную озабоченность, особенно в регионах с преобладанием зерновых севооборотов, где вынос калия из почвы растениями равен или превышает вынос азота. Недостаточное применение калийных удобрений ведет к отрицательному балансу калия, что вызывает истощение почвенных резервов калия (Dutta и др., 2013) и оказывает негативное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Несбалансированное применение минеральных удобрений, а точнее низкие дозы внесения калия, – одна из главных причин снижающейся отзывчивости растений на внесение остальных элементов питания и, соответственно, замедления роста продуктивности сельскохозяйственных культур в Индии. Накоплено достаточное количество научно-обоснованных данных, свидетельствующих о положительной роли калия в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Результаты большого количества полевых опытов, проведенных на полях фермеров на Индо-Гангской равнине, свидетельствуют о том, что при невнесении калийных удобрений урожайность зерна риса, пшеницы и кукурузы снижается в среднем на 621, 723 и 699 кг/га соответственно (Majumdar и др., 2012). Значительные прибавки урожайности зерна от внесения калия в рисово-пшеничных севооборотах (до 2 т/га) были также получены в полевых опытах, проведенных на Индо-Гангской равнине (Majumdar и др., 2014).

Несмотря на доказанные экономические, социальные и экологические преимущества сбалансированного применения минеральных удобрений, производители зерна в Индии все еще применяют недостаточные количества калийных удобрений. Это может быть связано с отсутствием максимально универсального алгоритма рекомендаций, который был бы приемлем для расчета доз удобрений мелкими фермерами, а также мог бы использоваться ведущими профессиональными консультантами.

В Индии мелкие фермеры обрабатывают небольшие земельные участки, и применяемые агротехнологии сильно зависят от уровня образования фермеров и их обеспеченности техническими ресурсами. В результате использования разных агротехнологических решений наблюдается сильное пространственно-временное варьирование обеспеченности почв фермерских полей элементами питания растений. В идеале система применения удобрений в таких мелких хозяйствах должна выстраиваться и корректироваться с учетом местных почвенно-климатических условий для того, чтобы избежать внесения избытка элементов питания, а также их недовнесения в почву. Исходя из существующей практики применения минеральных удобрений в Индии, используемые фермерами подходы в целом реализуются без интегрирования информации о поступлении элементов питания из почвы и потребностях сельскохозяйственных культур в элементах питания. В свою очередь, рекомендации по применению удобрений для каждого штата страны основаны на результатах полевых опытов по изучению отзывчивости сельскохозяйственных культур на внесение отдельных элементов питания, однако эти результаты экстраполируются на большие территории. При этом пространственно-временное варьирование обеспеченности почв фермерских полей элементами питания растений не принимается во внимание. И в фермерской практике применения

удобрений, и в рекомендуемых системах применения удобрений для штатов Индии внесению в почву калия уделяется мало внимания, что ведет к экономическим потерям из-за недобора урожая (Singh и др., 2013, 2014).

Системы применения удобрений, разработанные с учетом конкретных почвенно-климатических условий, успешно использовались исследователями для определения сбалансированных доз элементов питания и, соответственно, достижения высокого уровня урожайности зерновых культур на полях фермеров (Witt и др., 1999; Setiyono и др., 2010; Chuan и др., 2013). Однако широкомасштабное внедрение данных подходов в фермерских хозяйствах долгое время оставалось проблематичным. Международным институтом питания растений (IPNI) было установлено, что основное препятствие для использования вышеуказанных подходов в производственных условиях – это отсутствие практичного алгоритма, способного помочь и фермерам, и консультантам быстро рассчитать дозы удобрений для конкретного поля. В связи с этим институтом была проведена работа, в которой ранее полученные данные по отзывчивости сельскохозяйственных культур на отдельные элементы питания были дополнены современными опытными данными, что позволило разработать систему поддержки принятия решений по применению удобрений. Она проста в использовании и может функционировать как при наличии данных почвенных анализов, так и при их отсутствии. В проведении вышеуказанной работы Международному институту питания растений оказывали поддержку Международная ассоциация производителей удобрений (IFA) и Международный центр по улучшению кукурузы и пшеницы (CIMMYT), а также большое количество национальных партнеров, включая национальные научно-исследовательские и консультационные институты, сельскохозяйственные университеты, государственные департаменты сельского хозяйства, компании-производители минеральных удобрений и семян и неправительственные организации. В результате проведенной работы была разработана динамическая модель для расчета доз удобрений – программа Nutrient Expert®. С ее помощью для конкретного фермерского хозяйства можно рассчитать дозы удобрений под основные зерновые культуры – кукурузу, пшеницу и рис – на основе подходов, учитывающих местные почвенно-климатические условия (Ramprolino и др., 2012). При выработке рекомендаций по сбалансированному применению удобрений данной моделью анализируется информация по условиям выращивания сельскохозяйственных культур, включая географическое положение, систему земледелия, а также обеспеченность фермера техническими ресурсами. Программа Nutrient Expert® выработывает рекомендации по применению минеральных удобрений исходя из поступления конкретного элемента питания из почвы, а также потребностей сельскохозяйственных культур в данном элементе питания для достижения запланированного уровня урожайности, приемлемого для конкретного фермера. Использование рекомендаций по сбалансированному применению удобрений, по-

лученных с помощью программы Nutrient Expert® с учетом местных почвенно-климатических условий, способствует росту урожайности зерновых культур, повышению эффективности использования элементов питания из удобрений растениями и, соответственно, более экономному применению удобрений. В результате этого улучшаются экономические показатели растениеводства, а также устраняются негативные последствия для окружающей среды.

Изначально планировалась разработка модели Nutrient Expert® для зерновых культур, поскольку более ¾ обрабатываемых площадей в Индии занято тремя главными зерновыми культурами – рисом, пшеницей и кукурузой. Под данные культуры вносится основная часть удобрений в стране. К настоящему времени разработана модель Nutrient Expert® для пшеницы и гибридной кукурузы. Модель прошла валидацию и уже доступна для всеобщего использования. Nutrient Expert® для риса сейчас проходит валидацию в национальном масштабе с участием государственных научно-исследовательских и консультационных организаций. В ближайшем будущем планируется разработать соответствующие модели и для следующих трех культур: хлопчатник, сахарный тростник и соя.

Программное обеспечение Nutrient Expert® работает на базе MS Access и состоит из 4-х или 5-ти рабочих модулей в зависимости от сельскохозяйственной культуры, для которой оно предназначено. Например, приложение для кукурузы включает 5 модулей, а для пшеницы и риса – 4 модуля. В процессе работы с данными модулями фермеры отвечают на простые вопросы. Исходя из полученных ответов, модель Nutrient Expert® оценивает поступление элементов питания из почвы (с учетом их возврата в почву с растительными остатками, внесения с органическими удобрениями, а также накопления азота бобовыми предшественниками) и отзывчивость сельскохозяйственных культур на внесение N, P и K. В конечном итоге, исходя из запланированного уровня урожайности, вырабатываются наиболее приемлемые рекомендации по применению минеральных удобрений. В данной динамической модели предусмотрена опция, позволяющая снизить запланированный уровень урожайности в зависимости от обеспеченности фермера материально-техническими ресурсами. Соответственно, рекомендации прорабатываются с учетом данной корректировки. Дозы элементов питания для конкретного поля пересчитываются на физический вес минеральных удобрений, выбранных из списка с учетом наличия у дистрибьюторов. В конечном итоге фермер получает рекомендации, соответствующие концепции «4-х правил» (4R) применения удобрений (подразумевает оптимизацию форм, доз, сроков и способов внесения удобрений). Предусмотрена также сравнительная экономическая оценка для рекомендуемой системы применения удобрений, выработанной моделью с учетом конкретных почвенно-климатических условий, и для системы применения удобрений, практикуемой фермером. Это позволяет оценить прибыльность при использовании полученных рекомендаций.

Для валидации модели Nutrient Expert® для кукурузы и пшеницы в основных зонах возделывания данных зерновых культур в Индии была проведена серия полевых опытов. При этом рекомендации, полученные с помощью вышеуказанной модели, сравнивались с имеющимися региональными рекомендациями по применению удобрений в каждом конкретном штате страны, а также с практикуемой фермерами системой применения удобрений. Схема опытов, таким образом, включала три варианта с расположением опытных делянок в один ряд на каждом поле (размер делянок $\geq 100 \text{ м}^2$).

Согласно результатам 535-ти полевых опытов с кукурузой, проведенных в разных регионах Индии, рекомендации по применению минеральных удобрений, разработанные с помощью модели Nutrient Expert®-Maize, способствовали значительному повышению урожайности зерна по сравнению с фермерской практикой (ФП) и рекомендациями для штатов страны (РШ) [рис. 1]. В соответствии с расчетами по вышеуказанной модели необходимо было вносить несколько более высокие дозы азота и более низкие дозы фосфора по сравнению с рекомендациями для штатов, а также фермерской практикой. Однако дозы калия, рассчитанные с помощью модели Nutrient Expert®-Maize, значительно превышали дозы калия,

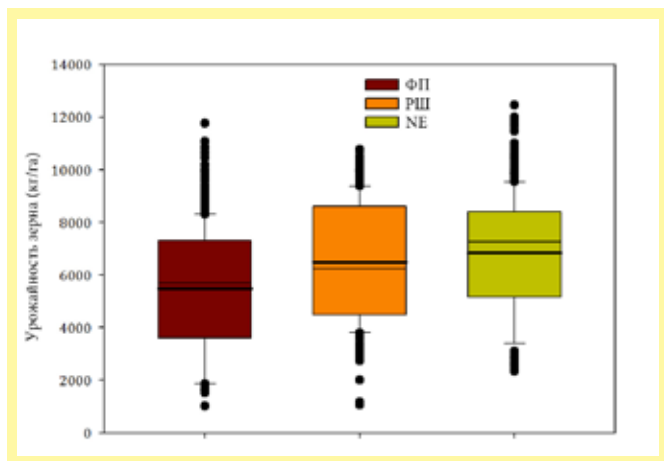


Рис. 1. Средняя урожайность зерна кукурузы в полевых опытах по валидации модели Nutrient Expert®-Maize в Индии (n=535): ФП – фермерская практика применения удобрений; РШ – рекомендации по применению удобрений для штатов страны; NE – модель Nutrient Expert®-Maize.

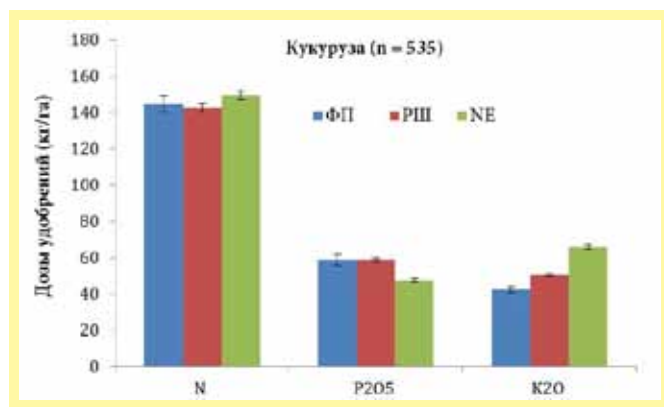


Рис. 2. Средние дозы внесения минеральных удобрений под кукурузу в полевых опытах по валидации модели Nutrient Expert®-Maize (обозначения, как на рис. 1).

вносимые фермерами (в среднем на $24 \text{ кг K}_2\text{O/га}$), а также рекомендуемые по штатам Индии (в среднем на $15 \text{ кг K}_2\text{O/га}$). Данная модель вырабатывает рекомендации по дозам минеральных удобрений с учетом планируемого уровня урожайности. Кроме того, учитывается баланс элементов питания в севообороте, исходя из применения удобрений (минеральные + органические) под предшествующую культуру и величины ее урожайности. Согласно проведенным оценкам, дозы калия под кукурузу недостаточны как в практикуемых фермерами, так и в рекомендуемых по штатам страны системах применения удобрений. Следует отметить, что у большей части из проведенных 535-ти опытов с кукурузой дозы калия, рассчитанные с помощью модели, были выше доз калия, вносимых фермерами, а также рекомендуемых по штатам страны. Полученные результаты свидетельствуют о недооценке применения калийных удобрений даже под такую калиелюбивую культуру, как кукуруза, которая выносит большое количество калия из почвы. Недовнесение калийных удобрений признано одной из основных причин снижения урожайности зерна кукурузы в основных зонах возделывания этой культуры в Бангладеш (Timsina и др., 2013).

Средняя урожайность зерна пшеницы в полевых опытах, проведенных на полях фермеров (n = 858), была максимальной при внесении доз минеральных удобрений, рассчитанных с помощью модели Nutrient Expert®-Wheat (4927 кг/га), по сравнению с фермерской практикой (4079 кг/га) и рекомендованной системой применения удобрений по штатам страны (3897 кг/га) [рис. 3]. На рис. 4 четко показана разница в дозах калийных удобрений под пшеницу между тремя протестированными системами применения удобрений. В проведенных опытах дозы азота и фосфора, рассчитанные с помощью вышеуказанной модели, были либо близки, либо меньше доз азота и фосфора, соответствующих фермерской практике и рекомендациям для штатов. Однако расчеты по модели Nutrient Expert®-Wheat выявили необходимость дополнительного внесения калия – 57 и $34 \text{ кг K}_2\text{O/га}$ по сравнению с фермерской практикой и рекомендациями для шта-

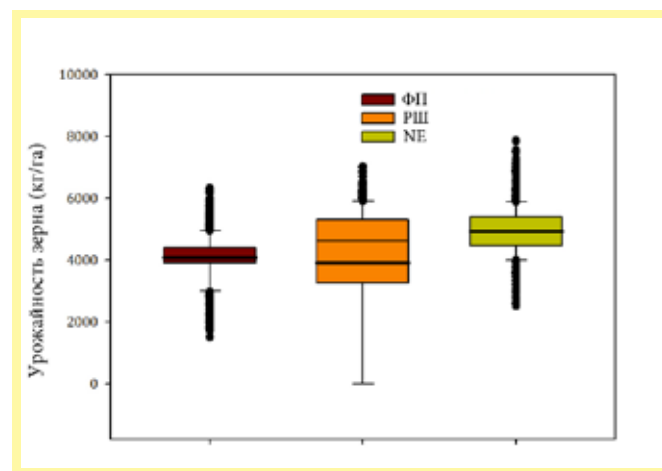


Рис. 3. Средняя урожайность зерна пшеницы в полевых опытах по валидации модели Nutrient Expert®-Wheat в Индии (n=858): ФП – фермерская практика применения удобрений; РШ – рекомендации по применению удобрений для штатов страны; NE – модель Nutrient Expert®-Wheat.

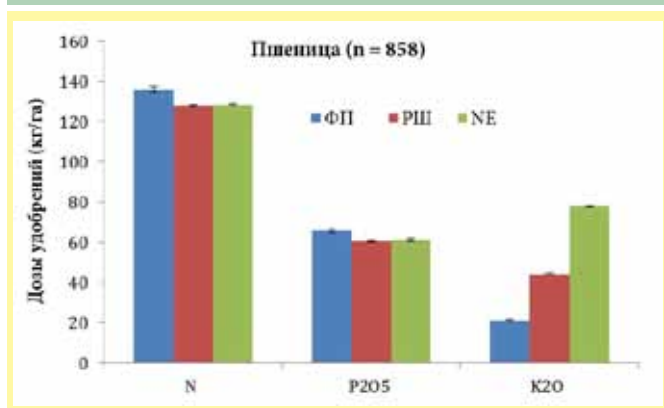


Рис. 4. Средние дозы внесения минеральных удобрений под пшеницу в полевых опытах по валидации модели Nutrient Expert®-Wheat (обозначения, как на рис. 3).

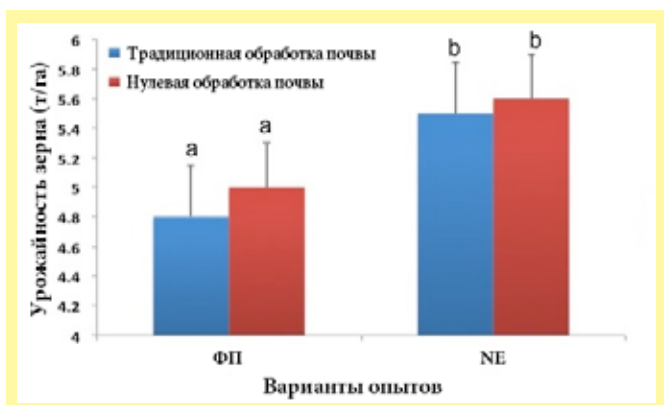


Рис. 5. Средняя урожайность зерна пшеницы при разных системах применения удобрений и способах обработки почвы. Разные буквы указывают на статистически достоверные различия ($P \leq 0.01$) [обозначения, как на рис. 3].

тов соответственно. Это свидетельствует о сильно несбалансированном применении удобрений под пшеницу в фермерских хозяйствах. Согласно полученным результатам, в вариантах со сбалансированным применением удобрений, включая внесение необходимых доз калия, урожайность зерна повышалась в среднем примерно на 1 т/га. Большая часть полевых опытов с пшеницей была проведена на Загангской равнине Индии – в штатах Пенджаб и Харьяна. Фермеры в этих штатах обычно вносят недостаточные дозы калийных удобрений, поскольку почвы данного региона традиционно считаются богатыми калием из-за преобладания минералов группы иллита в составе илистой фракции, а также существенного поступления калия с поливными водами. Однако результаты наших исследований четко свидетельствуют о получении значительной прибавки урожайности зерна пшеницы за счет сбалансированного применения удобрений, включая внесение необходимых доз калия.

Датта с соавт. (Dutta и др., 2014) приводят результаты полевых опытов по оценке пригодности модели Nutrient Expert®-Wheat для агротехнологий выращивания пшеницы, использующих как традиционную, так и нулевую обработку почвы. Данные опыты проводились на полях фермеров ($n = 109$). Выращивание озимой пшеницы при нулевой обработке почвы набирает популярность, поскольку при этом сокращается промежуток времени между уборкой риса, выращи-

ваемого в дождливый сезон, и посевом пшеницы. Достижения в сельскохозяйственном машиностроении позволяют мелким фермерам проводить прямой посев пшеницы по стерне предшественника – риса. Вышеуказанное исследование включало 65 полевых опытов, проведенных на полях фермеров с традиционной обработкой почвы, и 44 опыта с нулевой обработкой. При этом фермерская практика применения удобрений сравнивалась с рекомендациями, выработанными с использованием модели Nutrient Expert®-Wheat. Полученные результаты свидетельствуют о статистически значимом ($P \leq 0.01$) повышении урожайности пшеницы при внесении доз минеральных удобрений, определенных с помощью вышеуказанной модели, по сравнению с фермерской практикой (рис. 5). Дозы калийных удобрений при расчете по модели Nutrient Expert®-Wheat были значительно выше по сравнению с фермерской практикой как при традиционной системе обработки почвы, так и при нулевой (рис. 6). При применении минеральных удобрений согласно расчетам по модели отношение полученной прибыли к затратам было в 4 раза выше, чем при фермерской практике применения удобрений (Dutta и др., 2014).

Использование рекомендаций, полученных с помощью модели Nutrient Expert®-Wheat, способствует не только росту урожайности зерновых культур и повышению рентабельности их выращивания, но и снижению эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв Северо-Запада Индии. Как показало недавно проведенное исследование (Sarkota и др., 2014), при использовании рекомендаций по применению удобрений под пшеницу, выработанных с помощью данной модели, уменьшается эмиссия парниковых газов из почвы. Это ведет к снижению потенциала глобального потепления (ПГП¹). Согласно проведенным оценкам, ПГП, выраженный в кг CO₂-экв. на единицу полученного урожая, а также на 1 амер. доллар чистой прибыли, статистически значимо ($P < 0.01$) изменялся в зависимости от системы применения удобрений. Для фермерской практики была получена максимальная величина ПГП при расчете на 1 т зерна. Система применения удобрений, основанная

¹ ПГП – потенциал глобального потепления

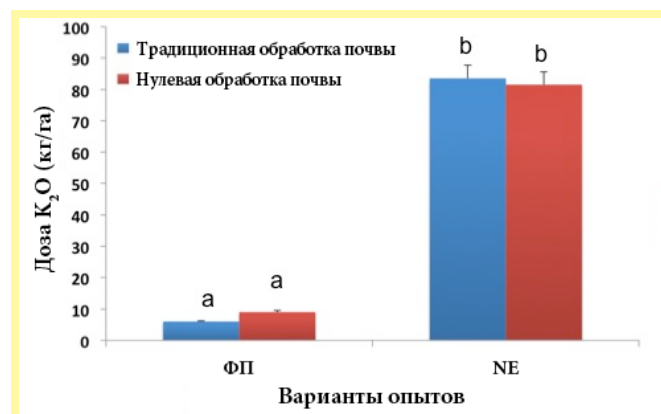


Рис. 6. Средние дозы внесения калийных удобрений под пшеницу при разных системах применения удобрений и способах обработки почвы. Разные буквы указывают на статистически достоверные различия ($P \leq 0.05$) [обозначения, как на рис. 3].

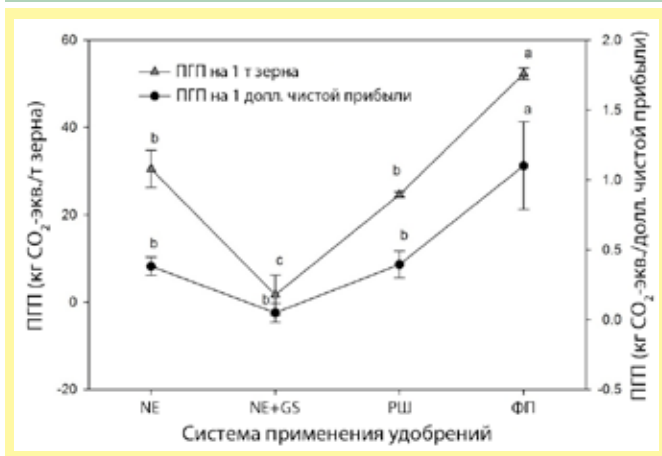


Рис. 7. Потенциал глобального потепления (ПГП), выраженный в кг CO₂-экв. на 1 т урожая зерна пшеницы и на 1 амер. доллар чистой прибыли, в зависимости от системы применения удобрений при нулевой обработке почвы в штате Харьяна: NE – модель Nutrient Expert®-Wheat; NE+GS – модель Nutrient Expert®-Wheat в комбинации с использованием оптического сенсора Green Seeker; ПШ – рекомендации по применению удобрений для штата; ФП – фермерская практика применения удобрений.

на модели Nutrient Expert®-Wheat в комбинации с использованием оптического сенсора Green Seeker для определения доз азотной подкормки, характеризовалась минимальной величиной ПГП (рис. 7). При использовании вышеуказанной комбинации (Nutrient Expert®-Wheat + Green Seeker) за счет проведения азотных подкормок повышалась эффективность использования азота из удобрений растениями. При этом дозы и количество азотных подкормок соответствовали физиологическим потребностям растений. По-видимому, это способствовало снижению содержания остаточного нитратного азота удобрений в почвенном профиле и, таким образом, минимизировало газообразные потери азота из почвы в виде N₂O. Кроме того, достаточное внесение в почву калия в соответствии с расчетами по модели повышало эффективность использования других элементов питания из удобрений растениями, а особенно азота. Это улучшало усвоение азота растениями и, соответственно, снижало его газообразные потери из почвы.

В целом, использование рекомендаций по применению минеральных удобрений, разработанных с помощью модели Nutrient Expert®, помогает фермерам повысить урожайность зерновых культур, а также улучшить экономическую эффективность производства зерна в результате сбалансированного применения удобрений с учетом местных почвенно-климатических условий. Результаты полевых опытов, проведенных на полях фермеров, четко свидетельствуют о важной роли калия в повышении продуктивности зерновых культур в Индии. Сбалансированное применение удобрений, включая внесение необходимых доз калия, способствовало повышению урожайности зерновых культур. Кроме того, при вышеуказанной системе применения удобрений замедляется истощение почвенных резервов калия. Следовательно, широкомасштабное внедрение программы

Nutrient Expert® может способствовать сбалансированному применению удобрений в мелких фермерских хозяйствах Индии и, соответственно, достижению устойчивой продовольственной безопасности.

Литература

- Chuan, L., He, P., Jin, J., Li, S., Grant, C., Xu, X., Qiu, S., Zhao, S. and Zhou, W. (2013) Estimating nutrient uptake requirements for wheat in China. *Field Crops Research* 146, 96–104.
- Dutta, S. K., Majumdar, K., Khurana, H. S., Sulewski, G., Govil, V., Satyanarayana, T., and Johnston, A. 2013. Potassium budgets: Mapping soil depletion across different states of India. *Better Crops – South Asia* 7: 28–31.
- Dutta, S. K., Majumdar, K., Shahi, V., Kumar, A., Kumar, V., Gupta, N., Satyanarayana, T., Jat, M. L., Pampolino, M. and Johnston, A. 2014. Nutrient Expert® – Wheat: A Tool for increasing crop yields and farm profit. *Better Crops – South Asia* 8: 11–13.
- FAI. 2014. *Fertiliser Statistics*. The Fertiliser Association of India, New Delhi, India.
- Majumdar, K., Dey, P. and Tewatia, R. K. 2014. Current nutrient management approaches: Issues and strategies. *Indian Journal of Fertilizer* 10(5): 14–27.
- Majumdar, K., Kumar, A., Shahi, V., Satyanarayana, T., Jat, M. L., Kumar, D., Pampolino, M., Gupta, N., Singh, V., Dwivedi, B. S., Meena, M. C., Singh, V. K., Kamboj, B. R., Sidhu, H. S. and Johnston, A. 2012. Economics of potassium fertiliser application in rice, wheat and maize grown in the Indo-Gangetic Plains. *Indian Journal of Fertilizer* 8(5): 44–53.
- Pampolino, M. F., Witt, C., Pasuquin, J. M., Johnston, A., Fisher, M. J. 2012. Development approach and evaluation of the Nutrient Expert software for nutrient management in cereal crops. *Computer and Electronics in Agriculture* 88: 103–110.
- Sapkota, T. B., Majumdar, K., Jat, M. L., Kumar, A., Bishnoi, D. K., McDonald, A. J. and Pampolino, M. 2014. Precision nutrient management in conservation agriculture based wheat production of Northwest India: Profitability, nutrient use efficiency and environmental footprint. *Field Crops Research* 155: 233–244.
- Setiyono, T. D., Walters, D. T., Cassman, K.G., Witt, C., Dobermann, A. (2010) Estimating the nutrient uptake requirements of maize. *Field Crops Research*, 118 (2): 158–168
- Singh, V. K., Dwivedi, B. S., Buresh, R. J., Jat, M. L., Majumdar, K., Gangwar, B., Govil, V. and Singh, S. K. (2013) Potassium fertilization in rice–wheat system across Northern India: Crop performance and soil nutrients. *Agronomy Journal* 105, 471–481.
- Singh, V. K., Dwivedi, B. S., Tiwari, K.N., Majumdar, K., Rani, M., Singh, S. K. and J. Timsina (2014) Optimizing nutrient management strategies for rice–wheat system in the Indo-Gangetic Plains of India and adjacent region for higher productivity, nutrient use efficiency and profits. *Field Crops Research* 164, 30–44.
- Timsina, J., Singh V. K., Majumdar K. J. (2013) Potassium management in rice–maize systems in South Asia. *Plant Nutrition and Soil Science* 176, 317–330.
- Witt, C., Dobermann, A., Abdurachman, S., Gines, H. C., Wang, G. H., Nagarajan, R., Satawathananont, S., Son, T. T., Tan, P. S., Tiem, L. V., Simbahan, G. C. and Olk, D. C. (1999) Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Research* 63, 113–138.

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

Повышение уровня обеспеченности почв калием в Китае при выращивании наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур

Пинг Хи, Фэнг Чен, Шутан Ли, Шихуа Ту, Адриан М. Джонстон

Для разработки оптимальной системы применения калийных удобрений очень важна оценка калийного состояния почв. Литературные данные свидетельствуют о том, что недостаток калия у растений – это проблема мирового масштаба. Однако обеспеченность почв калием в Китае стала улучшаться в результате развития механизации растениеводства и реализации политики Центрального правительства, поощряющей внесение соломы на поля после уборки и увеличение использования органических удобрений (компостов). Тем не менее, ряд противоречивых сообщений об изменениях в содержании доступных форм калия в почвах вызывает обеспокоенность в научной среде, а также у производителей минеральных удобрений. Данные противоречия могут быть вызваны расхождениями в точках отбора почвенных образцов, их количестве, сроках отбора и используемых аналитических методах. До настоящего времени влияние применения минеральных (калийных) удобрений на состояние калия в почвах не вызывало озабоченности в сравнении, например, с азотом и фосфором. О текущем состоянии калия в почвах Китая нельзя судить, исходя из результатов почвенного обследования национального масштаба, проведенного в стране в начале 1980-х годов. В современных условиях несбалансированное применение калийных удобрений относительно азотных и фосфорных удобрений и высокий вынос калия из почвы с урожаем новых высокоурожайных генотипов может негативно отражаться на балансе калия в почвах Китая. Следовательно, данный вопрос нуждается в проработке.

Цель данного исследования заключалась в том, чтобы оценить пространственное и временное варьирование содержания доступных растениям форм калия в почве, а также отзывчивость сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений в Китае за период 1990-2012 гг.

Объекты и методы исследования

В качестве источника данных по содержанию доступных растениям форм калия в почвах и урожайности сельскохозяйственных культур были использованы опубликованные и неопубликованные материалы за 1990-2012 гг., включенные в базу данных Программы Международного института питания растений (IPNI) по Китаю. В общей сложности из указанной базы данных было отобрано 58559 наблюдений по содержанию доступных форм калия в почвах (рис. 1) и 2055 наблюдений – по урожайности сельскохозяйственных культур. Полевые опыты проводились на полях фермеров. Учитывалась урожайность культур в первом сезоне в вариантах с внесением азотных, фосфорных и калий-

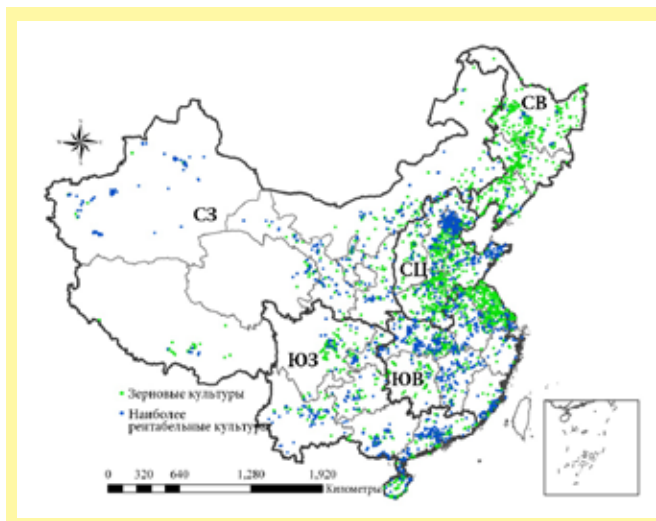


Рис. 1. Географическое распределение полевых опытов в 5-ти сельскохозяйственных регионах Китая (1990-2002 гг.). Зеленым и синим цветами показаны соответственно опыты с зерновыми и наиболее рентабельными культурами.

ных удобрений (NPK), дозы которых рассчитывались исходя из результатов почвенных анализов, и в вариантах с внесением только азотных и фосфорных удобрений (NP).

Оценка пространственного варьирования содержания доступных форм калия в почвах была проведена для следующих 5-ти сельскохозяйственных регионов Китая, выделенных с учетом географического местоположения и административного деления страны: Северо-Восточный (CB), Северо-Центральный (CC), Северо-Западный (C3), Юго-Восточный (YOV) и Юго-Западный (YU3) регионы.

В каждом сельскохозяйственном регионе отдельно анализировались система земледелия с преобладанием зерновых культур, а также система земледелия, включающая выращивание наиболее рентабельных культур. В зерновых севооборотах выращивались пшеница, кукуруза, рис, а также картофель и соя. Наиболее рентабельные сельскохозяйственные культуры – это овощные и плодовые культуры, рапс, подсолнечник, хлопчатник, а также сахароносные культуры. Как следует из «Ежегодного сборника по сельскому хозяйству Китая» (China Agriculture Yearbook, 2012), при выращивании данных культур вносятся самые высокие дозы удобрений, и получается максимальная экономическая отдача. Географическое местоположение районов получения экспериментальных данных показано на рис. 1.

Результаты

Изменения в содержании доступных форм калия в почвах фермерских полей за период 1990-2012 гг.

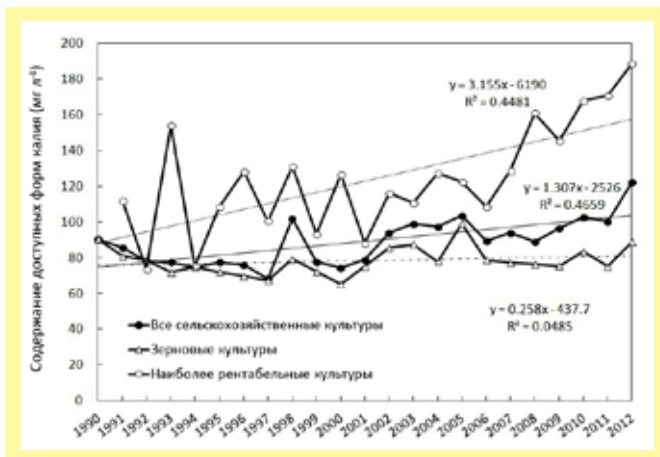


Рис. 2. Динамика содержания доступных форм калия в почвах Китая в период 1990-2012 гг.

Обобщение результатов всех полевых опытов (со всеми сельскохозяйственными культурами), проведенных в Китае в период 1990-2012 гг., свидетельствует о тенденции к увеличению содержания доступных форм калия в почвах (рис. 2). Для более детального анализа всех факторов, оказывающих влияние на содержание доступных форм калия в почве, мы разделили полученную выборку на две части – зерновые севообороты и система земледелия, включающая выращивание наиболее рентабельных культур. Обеспеченность почв калием улучшилась при обеих системах земледелия за период 1990-2012 гг. Для зерновых севооборотов были характерны ежегодные колебания в содержании доступных форм калия в почвах, но явного повышения обеспеченности почв данным элементом питания все-таки выявлено не было. Однако для систем земледелия с выращиванием наиболее рентабельных культур отмечается существенное увеличение содержания доступных форм калия в почвах за указанный период. Дозы калийных удобрений, внесенные под зерновые культуры, составили в среднем $110 \text{ кг K}_2\text{O га}^{-1}$ (диапазон: $30\text{--}360 \text{ кг K}_2\text{O га}^{-1}$). Под наиболее рентабельные культуры было внесено в среднем $255 \text{ кг K}_2\text{O га}^{-1}$ (диапазон: $15\text{--}1867 \text{ кг K}_2\text{O га}^{-1}$) (данные не представлены). Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение высоких доз калийных удобрений под наиболее рентабельные сельскохозяйственные культуры в Китае способствовало повышению содержания доступных форм калия в почвах, что отразилось на обеспеченности почв калием в стране в целом.

Пространственное и временное варьирование содержания доступных форм калия в почвах

Системы сбалансированного применения удобрений стали внедряться в Китае в 1980-х годах, а с 1990-х годов основное внимание стало уделяться внесению калийных удобрений. Однако содержание доступных форм калия в почвах сильно варьирует в различных регионах – средние значения составляют $76.8, 99.8, 118.0, 83.9$ и 81.3 мг K л^{-1} соответственно в пяти регионах (СВ, СЦ, СЗ, ЮВ и ЮЗ). Для оценки изменений в содержании доступных форм калия в почвах Китая за 1990-2012 гг. мы сравнили указанный показатель для двух периодов – 1990-е годы (1990-1999 гг.) и 2000-е годы (2000-2012 гг.). Полученные данные показывают, что в период с 1990-х по 2000-е годы содержание доступных форм ка-

лия в почвах повысилось в среднем с 79.8 до 93.4 мг K л^{-1} . За указанный период не произошло изменений на Северо-Востоке (СВ) страны. Однако за тот же период содержание доступных форм калия в почвах повысилось соответственно на 34.8% (с 76.4 до $103.0 \text{ мг K л}^{-1}$), 17.9% (с 71.5 до 84.3 мг K л^{-1}) и 30.2% (с 68.8 до 82.7 мг K л^{-1}) в трех регионах (СЦ, ЮВ и ЮЗ) и снизилось на 75.9% (со 153.5 до $116.5 \text{ мг K л}^{-1}$) в одном регионе (СЗ) (рис. 3А).

Более детальный анализ данных показывает, что для содержания доступных форм калия в почвах в зерновых севооборотах были характерны те же тенденции, что и для всей массы опытов (со всеми культурами), однако изменения зависели от конкретного региона (рис. 3В). В трех регионах (СЦ, ЮВ и ЮЗ) содержание доступных форм калия в почвах в 2000-х годах повысилось соответственно на $8.7, 21.0$ и 8.7% по сравнению с уровнями в $72.2, 65.1$ и 66.4 мг K л^{-1} , наблюдавшимися

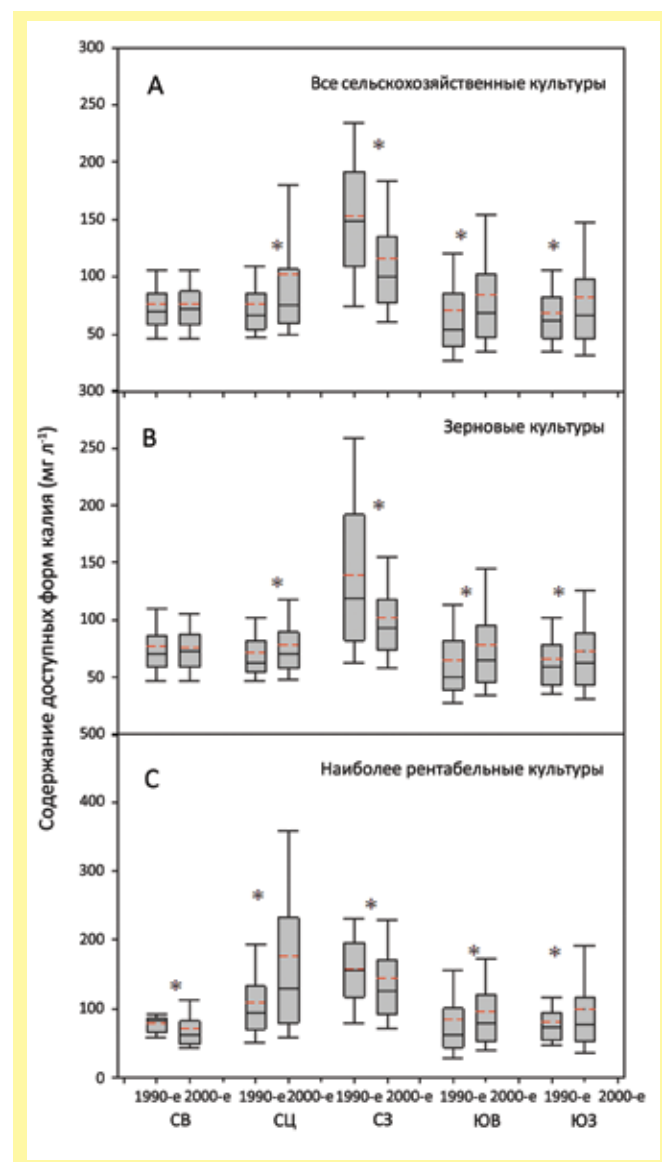


Рис. 3. Изменение содержания доступных форм калия в почвах: А – все сельскохозяйственные культуры; В – зерновые культуры; С – наиболее рентабельные культуры.

Звездочки (*) указывают на статистически значимые различия ($P < 0.05$) между 1990-ми и 2000-ми годами. Черная и красная линия, нижний и верхний край закрашенных столбцов, нижняя и верхняя границы – это соответственно медиана и среднее значение, 25-й и 75-й процентиля, 5-й и 95-й процентиля.

в 1990-х годах. Тем не менее, в Северо-Западном регионе (СЗ) за указанный период рассматриваемый показатель снизился на 73.5% (рис. 3В).

В 2000-х годах по сравнению с 1990-ми годами в системах земледелия, включающих выращивание наиболее рентабельных культур, содержание доступных форм калия в почвах повысилось соответственно на 59.7, 12.4 и 22.2% в трех регионах (СЦ, ЮВ и ЮЗ), однако снизилось и составило соответственно 92.5 и 91.7% от уровня 1990-х годов в двух регионах (СВ и СЗ).

Таким образом, повышение содержания доступных форм калия в почвах двух регионов (СЦ и ЮЗ) произошло, главным образом, за счет значительного обогащения почв калием при выращивании наиболее рентабельных культур, а в одном регионе (ЮВ) – в основном за счет более выраженного обогащения почв калием в зерновых севооборотах. Снижение содержания доступных форм калия в почвах Северо-Запада (СЗ) наблюдалось, главным образом, за счет значительного обеднения почв калием в зерновых севооборотах (рис. 3С).

Обсуждение и выводы

Результаты, полученные в данном исследовании, свидетельствуют о слабом повышении содержания доступных форм калия в почвах при выращивании зерновых культур за период 1990-2012 гг. В то же время при выращивании наиболее рентабельных культур наблюдается значимое повышение содержания доступных форм калия в почвах. Указанные положительные изменения в калийном состоянии почв хорошо согласуются с применением более высоких доз калийных удобрений под наиболее рентабельные культуры. Средние дозы калийных удобрений, внесенные под вышеуказанные культуры в 5-ти регионах (СВ, СЦ, СЗ, ЮВ и ЮЗ), составили соответственно 164, 231, 205, 240 и 391 кг K_2O га⁻¹. Это в 1.7, 2.1, 1.7, 2.1 и 2.8 раза выше по сравнению с внесением калия под зерновые культуры (данные не

представлены). Следует отметить, что в 2000-х годах в зерновых севооборотах содержание доступных форм калия в почвах было менее 80 мг K л⁻¹ (критическое значение, ниже которого наблюдается недостаток калия у растений), за исключением Северо-Запада (СЗ). Следовательно, при выращивании зерновых культур необходимо увеличить дозы калийных удобрений, поскольку обеспеченность почв калием в данных системах земледелия была ниже критического уровня. Кроме того, не наблюдалось роста калийсодержащей способности почв. Данные по относительной урожайности культур, полученные в широкомасштабных полевых опытах, подтверждают эти выводы. Хотя с развитием механизации растениеводства в почву стало вноситься больше растительных остатков, публикуемые в литературе данные свидетельствуют о том, что использование одной соломы недостаточно для поддержания оптимального баланса калия в почве. Для поддержания высокого уровня урожайности и оптимального баланса калия в почве необходимо применение калийных удобрений.

В системах земледелия, включающих выращивание наиболее рентабельных культур, содержание доступных форм калия в почвах было выше по сравнению с зерновыми севооборотами. При этом в вариантах без внесения калия относительная урожайность наиболее рентабельных культур была ниже, чем у зерновых культур. Это свидетельствует о том, что снижение урожайности в вариантах с внесением NP (без K) по сравнению с вариантами с внесением NPK было сильнее выражено у наиболее рентабельных культур (данные не представлены). Эти выводы также подтверждаются более высокой отзывчивостью наиболее рентабельных культур на применение калийных удобрений по сравнению с зерновыми культурами (рис. 4). Полученные результаты указывают на то, что вклад калия почвы в формирование урожайности зерновых культур выше по сравнению с наиболее рентабельными культурами. В связи с этим для достижения оптимального уровня урожайности наиболее

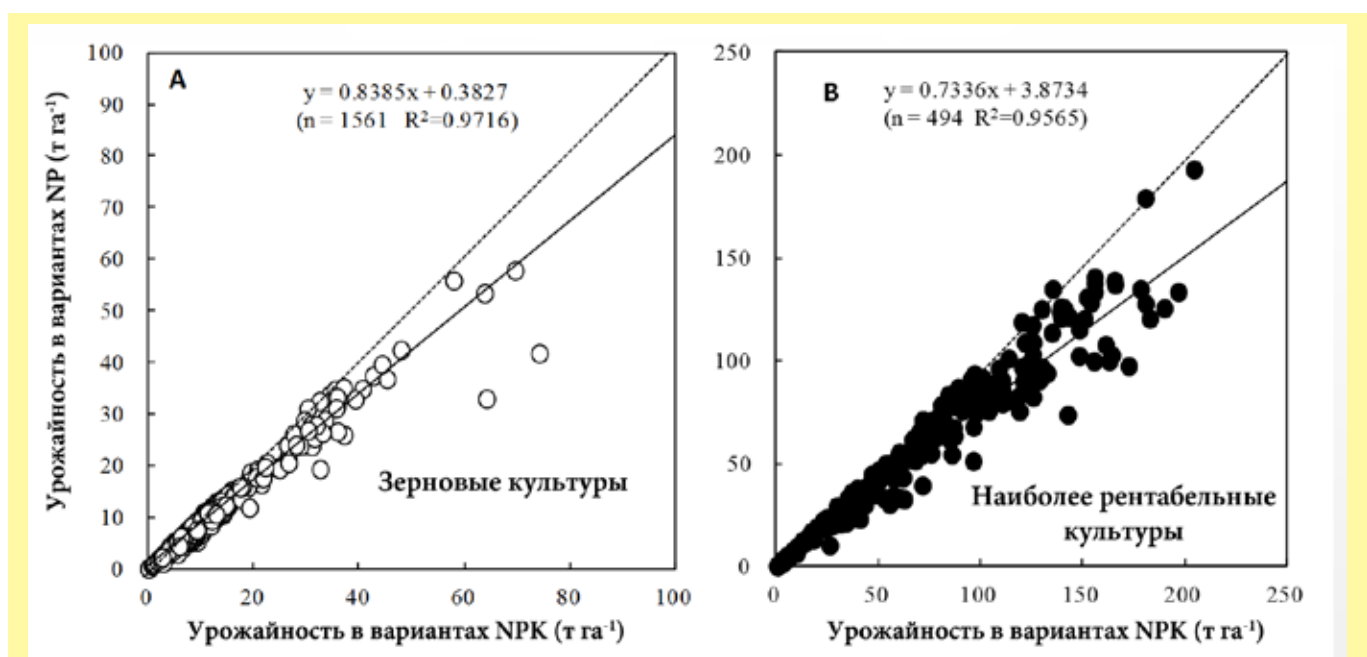


Рис. 4. Урожайность в вариантах с внесением NP и NPK у двух групп сельскохозяйственных культур: А – зерновые культуры; В – наиболее рентабельные культуры. Пунктирная линия показывает соотношение урожайности 1:1.

лее рентабельных культур, имеющих более высокую отзывчивость на калий, требуется внесение большего количества калийных удобрений. Кроме того, вынос калия с урожаем наиболее рентабельных культур выше, чем у зерновых культур.

В заключение следует отметить, что содержание доступных растениям форм калия в почвах Китая повысилось за период 1990-2012 гг. Данное повышение произошло за счет обогащения почвы калием при внесении высоких доз калийных удобрений при выращивании наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур. Важно подчеркнуть, что калийные удобрения необходимо вносить не только под наиболее рентабельные культуры, которые хорошо отзываются на применение калия, но и под зерновые культуры при низкой обеспеченности почвы калием. Для решения данных вопросов необходимо использование региональных подходов, разработанных

Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, № 2 2015

Ежеквартальный журнал
Международного института питания растений
(онлайн в свободном доступе <http://www.ipni.net/bettercrops>)

Баланс элементов питания в сельском хозяйстве Бразилии

Э. Франсиско, Х. Ф. да Кунха, Л. Прочноу и В. Касарин

Баланс элементов питания – важный показатель, используемый для оценки эффективности применения удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур. При этом учитываются все статьи прихода и расхода элементов питания. Международным институтом питания растений были проведены расчеты по балансу элементов питания в земледелии Бразилии за ряд лет (Yamada и Lopes, 1998; Cunha и др., 2010, 2011 и 2014). Данная статья посвящена результатам недавно проведенного исследования, в котором учитывалось производство растениеводческой продукции за 2009-2012 гг. Рассмотрены также исторические тенденции в применении минеральных удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур.

Потребность гевеи бразильской в элементах питания

Д. Мандал, Б. Датта, М. Чадхури и С. Кр Дей

Исходя из значимости возделывания гевеи бразильской, а также низкого плодородия почв, на которых она выращивается в штате Трипура (Индия), совершенствование системы применения удобрений на плантациях со взрослыми деревьями имеет огромное значение. Результаты полевого опыта свидетель-

ных с учетом конкретных почвенно-климатических условий. Информация, полученная в нашей работе, также указывает направления дальнейших исследований, включая изучение критических уровней содержания доступных форм калия в почвах для разных сельскохозяйственных культур и круговорота калия в земледелии, а также проработку концепции «4-х правил» применения удобрений с учетом развития механизации растениеводства.

Литература

Дополнительную информацию можно получить из статьи П. Хи с соавт., опубликованную в журнале *Field Crops Research* (2015, 173: 49-56): <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.01.003>.

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



ствуют о том, что внесение 60 кг N/га и 60 кг P₂O₅/га на фоне достаточного применения калийных удобрений значительно повышает сбор латекса. Исходя из кривых отзывчивости растений на внесение возрастающих доз элементов питания и уровня почвенного плодородия даются следующие общие рекомендации по применению минеральных удобрений на плантациях со взрослыми деревьями: 45 кг N/га, 45 кг P₂O₅/га и 40 кг K₂O/га.

Внесение калия под хлопчатник на севере Китая в соответствии с концепцией «4-х правил» применения удобрений

Ш. Ли, Я. Жанг, Р. Цуй и С. Синг

Применение калийных удобрений очень важно для повышения урожайности хлопко-волокна и улучшения его качества на севере Китая, однако уровень внесения калия в этом регионе по-прежнему остается недостаточным. Проведенные исследования показали преимущества дробного внесения калийных удобрений – допосевного внесения и подкормки вразброс в течение вегетации. Растения практически одинаково отзывались на разные формы калийных удобрений. Выбор формы калийного удобрения фермерами прежде всего определяется ее стоимостью. Эффективность использования калия из удобрений растениями можно значительно повысить за счет глубокого ленточного внесения калийных удобрений, а также их применения для фертигации хлопчатника (там, где это возможно).

Влияние рациональных технологий возделывания масличной пальмы на показатели качества почвы

Н. Паули, С. Доноу, Т. Обертур, Дж. Кок, Р. Вердурен, Рахмадсих, Г. Абдуррохим, К. Индрасура, А. Лубис, Т. Долонг, Дж. М. Пасугин и М. Фишер

В исследованиях, проведенных в Индонезии и Малайзии, был изучен вклад рациональных технологий возделывания масличной пальмы в повышение урожайности и, соответственно, интенсификации производства данной культуры. За 4 года исследований не было выявлено устойчивых различий в физико-химических свойствах почвы при использовании рациональной и стандартной технологий возделывания масличной пальмы. Применение обеих агротехнологий способствовало улучшению таких показателей, как pH почвы и содержание Сорг.. За указанный период наблюдений не было выявлено статистически значимого ухудшения изученных физико-химических свойств почвы. Это дает основания полагать, что при использовании соответствующих агротехнологий можно улучшить некоторые показатели качества почвы.

Динамика поглощения элементов питания современными сортами сои

Р. Р. Бендер, Дж. Хейгель и Ф. Е. Белоу

Существующие рекомендации по применению удобрений под сою разрабатывались на основе исследований, проведенных еще в 1930-1970 гг. С учетом возросшего уровня накопления биомассы растениями и урожайности семян, которые достигаются при использовании современного генетического материала и передовых систем земледелия, данные рекомендации не отражают в полной мере потребность растений в элементах питания. Кроме того, нет современных данных по кумулятивному влиянию использования улучшенных сортов, разных форм удобрений и технологий внесения, а также достижений в области защиты растений на скорость и сроки накопления элементов питания растениями сои. Представленная оценка динамики поглощения элементов питания соей, а также их распределения по органам растений и ремобилизации в течение вегетационного периода позволяет более глубоко понять потребности данной культуры в элементах питания.

BETTER CROPS with plant food, № 3 2015

Влияние калийных удобрений на урожайность и качество имбиря

Л. Ли, Ф. Чен, Дж. Вонг, Д. Яо и П. Ву

Имбирь отличается высокой потребностью в калии, однако фермеры не уделяют достаточного внимания применению калийных удобрений при выращивании данной культуры. Максимальный положительный эффект от калия был отмечен при его внесении в дозе 450 кг K_2O /га при соответствующем сбалансированном

Эффективность применения минеральных удобрений и использования воды растениями в зависимости от уровня биопродуктивности почв в Зимбабве

Н. Курвакумир, Р. Чиково, А. Джонстон и Ш. Зингор

При разработке рекомендаций по применению удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях очень важно учитывать пространственное варьирование показателей почвенного плодородия. В исследованиях, проведенных в Зимбабве, была изучена отзывчивость сельскохозяйственных культур на применение минеральных удобрений на почвах, различающихся по содержанию органического углерода (Сорг.). Было установлено, что при содержании Сорг. более 4 г/кг почвы сбалансированное применение минеральных удобрений оказывает доминирующее влияние на урожайность зерна кукурузы и эффективность использования воды растениями.

Оптимальные дозы азота под кукурузу в большей степени зависят от погодных условий, чем от соотношения цен на зерно и удобрения

Б. Дин, К. Яновичек, Дж. Лаузон и Т. Бруулсема

Отзывчивость кукурузы на применение азотных удобрений варьирует по годам в зависимости от погодных условий. Оптимальные дозы азотных удобрений зависят от отзывчивости растений на азот, а также от соотношения цен на зерно и азотные удобрения. В полевом опыте, проведенном в районе г. Элора в провинции Онтарио (Канада), было установлено, что на протяжении 6-ти лет оптимальные дозы азота изменялись более чем в 3 раза и зависели в большей степени от погодных условий, чем от соотношения цен на зерно и удобрения. При корректировке доз азота исходя из данного ценового соотношения можно немного улучшить рентабельность выращивания кукурузы. Однако гораздо более высокая рентабельность и экологическая эффективность выращивания данной культуры достигаются за счет адаптивного управления азотным питанием растений с учетом погодных условий.

применении азотных и фосфорных удобрений.

Программа Nutrient Expert®: усовершенствованные рекомендации по применению удобрений получают международное признание

А. М. Джонстон

Разработка программного обеспечения Nutrient Expert®, проводившаяся в течение 8-ми лет, позволяет уверенно понять, как данная экспертная программа

расчета доз удобрений может удовлетворять потребности мелких фермеров в соответствующих рекомендациях.

С внедрением стратегии по снижению потерь элементов питания в штате Иллинойс (США) стало уделяться больше внимания управлению азотным питанием растений

Дж. Пэйн и Э. Нафziger

Программа управления азотным питанием растений N-WATCH™ помогает фермерам и контролирующим органам отслеживать изменения в содержании почвенного азота в течение года. Такие наблюдения в производственных условиях способствуют более взвешенному управлению питанием растений и лучшему взаимодействию с организациями, определяющими политику в этой сфере.

Совместное выращивание кофейного дерева и кормовых культур – устойчивая система растениеводства для Бразилии

Х. Л. Фаварин, Т. Тезотто, А. В. Педроса и А. П. Нето

Биомасса, продуцируемая почвопокровными кормовыми культурами, которые выращиваются под кроной кофейных деревьев, защищает данную агроэкосистему от почвенной эрозии, а также улучшает эффективность использования азота растениями.

Гранулированные удобрения с включенной в состав элементарной и сульфатной серой и их значение для питания сельскохозяйственных культур

М. Дж. МакЛафлин, Ф. Дегрис, Р. С. да Сильва и Р. Бэйрд

Эффективность обогащенных серой аммонизированных фосфатных удобрений, содержащих как непосредственно доступные растениям формы серы, так и обладающих пролонгированным действием, различается в зависимости от почвенно-климатических условий выращивания сельскохозяйственных культур. При высоком риске вымывания сульфатов из почвы наличие элементарной серы в удобрении служит хорошим преимуществом. При низком риске вымывания сульфатная форма серы действует лучше, однако удобрения, содержащие в составе гранул частицы элементарной серы требуемого размера, могут быть не менее эффективны.

BETTER CROPS with plant food, № 4 2015

Плодородие почв в Северной Америке: предварительный обзор данных за 2015 г.

Т.С. Мюррелл, П.Е. Фиксен, Т.В. Бруулсема, Т.Л. Дженсен, Р.Л. Миккелсен, С.Б. Филлипс и В.М. Стюарт

Обобщение результатов обследования почвенного

Точное управление питанием пшеницы при нулевой обработке почвы: практический пример (штат Харьяна, Индия)

Т. Б. Санкота, К. Маджумдар и М.Л. Джет

Причиной проведения данных исследований по сравнению различных стратегий применения удобрений под пшеницу послужило слабое понимание принципов минерального питания данной культуры при использовании нулевой обработки почвы. В итоге наилучший результат был достигнут при следовании рекомендациям по применению удобрений, выработанным программой Nutrient Expert®, и проведении азотных подкормок с использованием оптического сенсора GreenSeeker®.

Серя – недооцененный макроэлемент в минеральном питании масличной пальмы в Индонезии

Й. Герендас, К. Доноу, Т.с. Обертур, Рахмадсиах, Г. Абдурахим, К. Индрасуара, А. Лабис, Т. Долонг и М. Фишер

Несмотря на рост использования удобрений, не содержащих серу, серному питанию масличной пальмы уделяется мало внимания. Представленные данные показывают, что содержание серы в листьях может быть гораздо ниже рекомендованного критического уровня в 0.20%. Данное критическое содержание серы в листьях должно быть снижено до 0.15% в соответствии с критическим содержанием азота, составляющим 2.3%, и соотношением S:N=15.

Возделывание проса прутьевидного в дельтовом регионе штата Арканзас (США): хорошая отзывчивость растений на азот и отсутствие отзывчивости на фосфор и калий

В. Стивен Грин, Чарльз П. Вест и Александр Рокатели

В отличие от системы выращивания проса прутьевидного на корм скоту при одноукосной системе возделывания данной культуры для получения биоэнергии из биомассы наблюдается более низкая потребность в фосфорных и калийных удобрениях. При этом возможна высокая отзывчивость растений на азот, однако его конкретные дозы сильно зависят от стоимости азотных удобрений и потенциального дохода от продажи биомассы.

плодородия, проводившегося в 2015 г., – уже 4-ое по счету. Предыдущие обобщения были подготовлены в 2001, 2005 и 2010 гг. В последней работе впервые рассмотрено процентное распределение почвенных образцов по 11-ти диапазонам содержания подвижного фосфора и обменного калия. Предварительные результаты для штатов, входящих в «кукурузный пояс» США,

свидетельствуют о том, что относительное количество почвенных образцов с высоким содержанием подвижного фосфора снизилось, а с низким содержанием – повысилось. Это указывает на необходимость большего внесения фосфорных удобрений. Относительное количество образцов с высоким содержанием обменного калия, а также изменение данного показателя во времени в целом согласуются с рекомендациями университетов по применению калийных удобрений.

Применение удобрений под кормовые бобы в Марокко

К. Дуа, М. Карроу, Р. Мрабет, З. Фатем и К. Оуфдоу

Кормовые бобы – одна из важнейших однолетних продовольственных культур, выращиваемых в Марокко. Проведенные исследования показали, что система применения удобрений, особенно фосфорных, может вносить значительный вклад в повышение урожайности кормовых бобов.

Эффективное управление фосфорным питанием растений на западе Кении в соответствии с концепцией «4-х правил» применения удобрений

С. Ньороге и Ш. Зингор

В производственных опытах, проведенных на полях мелких фермерских хозяйств в соответствии с концепцией «4-х правил» применения удобрений, установлено, что за счет оптимизации форм, доз, сроков и способов внесения фосфорных удобрений можно повысить продуктивность сельскохозяйственных культур, рентабельность их выращивания, а также эффективность использования фосфора из удобрений растениями.

Последствие калийных удобрений на урожайность кукурузы при нулевой обработке почвы

Ф. Иин, Г. Жоу

При использовании нулевой обработки почвы последствие калийных удобрений, внесившихся под хлопчатник в течение длительного времени (поверхностно вразброс), было достаточным для обеспечения калием растений кукурузы на протяжении последующих 3-х лет.

Управление питанием ярового рапса в Южно-Уральском регионе

Г. Б. Кириллова и Г. М. Юсупова

Применение удобрений в Южно-Уральском регионе России недостаточно для получения достижимого уровня урожайности ярового рапса. Усовершенствованная система применения удобрений позволяет получать урожайность семян, составляющую 80-86% от запланированного уровня.

Применение фосфорных удобрений под картофель

Р. Миккелсен

Из-за неглубокого расположения корневой системы и сравнительно небольшого количества корневых волосков у растений картофеля экономически обоснованные дозы внесения фосфорных удобрений под данную культуру выше по сравнению со многими другими культурами. В статье изложены рациональные агротехнологии для минимизации потерь фосфора из почвы на полях, занятых картофелем.

Отзывчивость теплолюбивых злаковых трав на применение калийных и фосфорных удобрений

М. Л. Сильвейра

В системах животноводства, основанных на использовании травянистых кормов, применению удобрений на пастбищах отводится очень важная роль. Однако сельхозпроизводители часто вносят недостаточные количества удобрений, которые не компенсируют вынос элементов питания с урожаем трав. Долговечность пастбищных и сенокосных травостоев зачастую зависит от обеспеченности почв доступными для растений формами фосфора и калия. Большой вынос калия с урожаем на песчаных почвах, обладающих низкой буферной способностью по отношению к калию, может привести к возникновению сильного дефицита этого элемента.

Управление питанием банана в Китае в соответствии с концепцией «4-х правил» применения удобрений

Л. Яо, Г. Ли и Ш. Ту

Выполнен обзор работ, посвященных управлению минеральным питанием банана на юге Китая в соответствии с концепцией «4-х правил» применения удобрений. Рассмотрены агротехнологии, повышающие урожайность и качество продукции.

Потребность зерновых культур в фосфоре в зависимости от севооборота

А. Нойхаус, Дж. Истон и Ч. Уолкер

Обобщение результатов большого количества полевых опытов позволило уточнить критическое содержание подвижного фосфора в почве для зерновых культур с учетом предшественника и иммобилизации фосфора в почве.

¹ Кукурузный пояс США — область на Среднем Западе Соединенных Штатов, где традиционно ведущей сельскохозяйственной культурой является кукуруза. В него включают штаты Айова, Иллинойс, Индиана, Мичиган, восточные регионы Небраски и Канзаса, Миннесоту и юг штата Миссури.

Компании - члены IPNI



Agrium Inc.



Shell Sulphur Solutions



Arab Potash Company



Simplot

Arab Potash Company



BHP Billiton



Sinofert Holdings Limited



CF Industries Holdings, Inc.



SQM



Compass Minerals
Speciality Fertilizers



Toros Tarim



International Raw Materials
LTD

TOROS AGRICULTURE



ОАО «ОХК «Уралхим»



LUXI Fertilizer Industry
Group



ОАО «Уралкалий»



K+S KALI GmbH



Arab Fertilizer Association
(AFA)



The Mosaic Company



Associação Nacional para
Difusão de Adubos (ANDA)



OCP S.A.



Fertilizer Canada



ОАО «ФосАгро»



Fertiliser Association of
India (FAI)



PotashCorp



The Fertilizer Institute (TFI)



Qatar Fertilizer Company



International Fertilizer
Association (IFA)



The Sulphur Institute



International Potash Institute
(IPI)



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ
ИНСТИТУТ

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышевая, д.12, вл. 17а

Тел./Факс: 8 (495) 580 64 14

<http://eeca-ru.ipni.net>

<http://www.ipni.net>

ipni-eeca@ipni.net

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...
С помощью науки