

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 беспокойство 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-

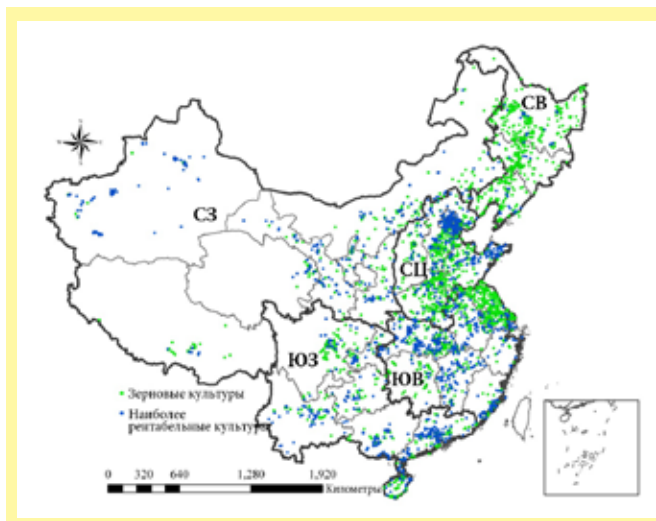


Рис. 1. Географическое распределение полевых опытов в 5-ти сельскохозяйственных регионах Китая (1990-2002 гг.). Зеленым и синим цветами показаны соответственно опыты с зерновыми и наиболее рентабельными культурами.

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 (YOB) 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.

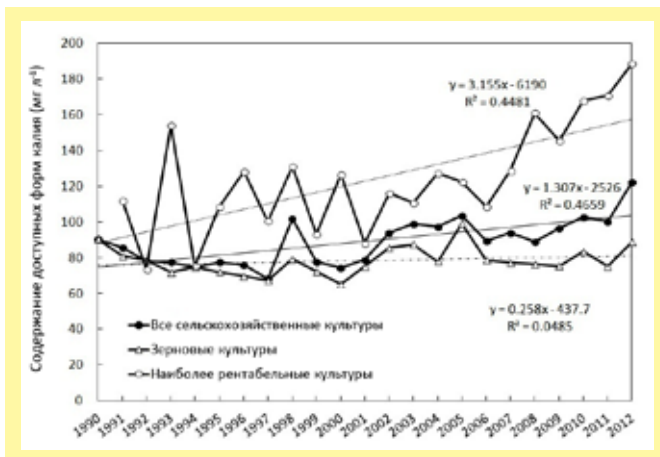


Рис. 2. Динамика содержания доступных форм калия в почвах Китая в период 1990-2012 гг.

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

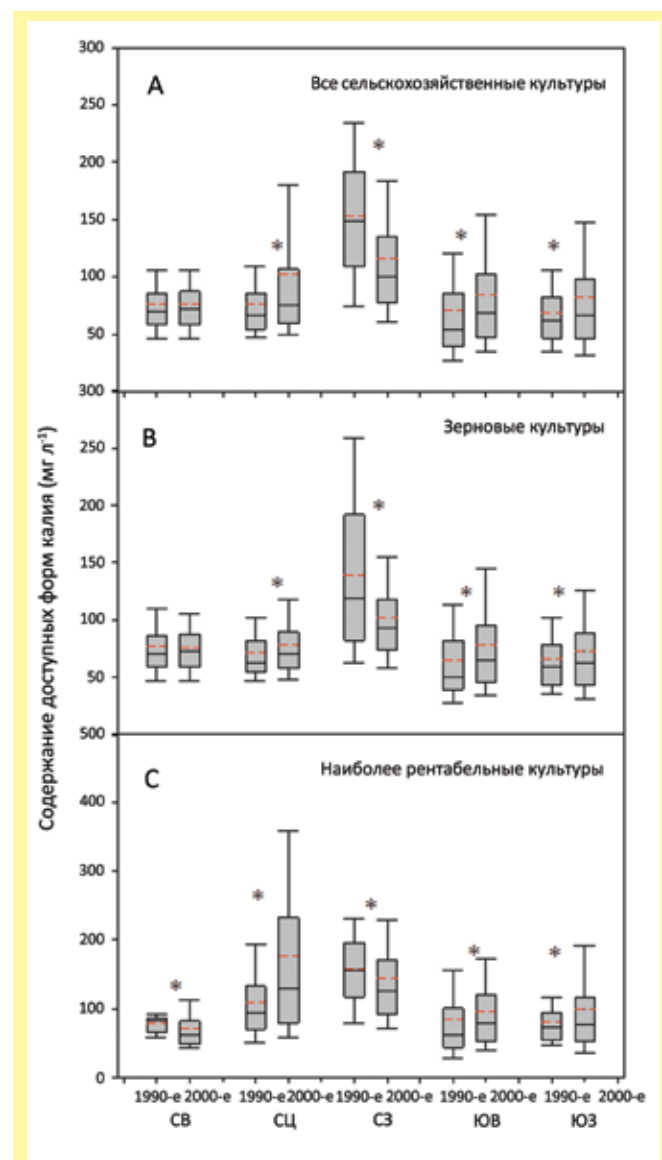


Рис. 3. Изменение содержания доступных форм калия в почвах: А – все сельскохозяйственные культуры; В – зерновые культуры; С – наиболее рентабельные культуры.

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

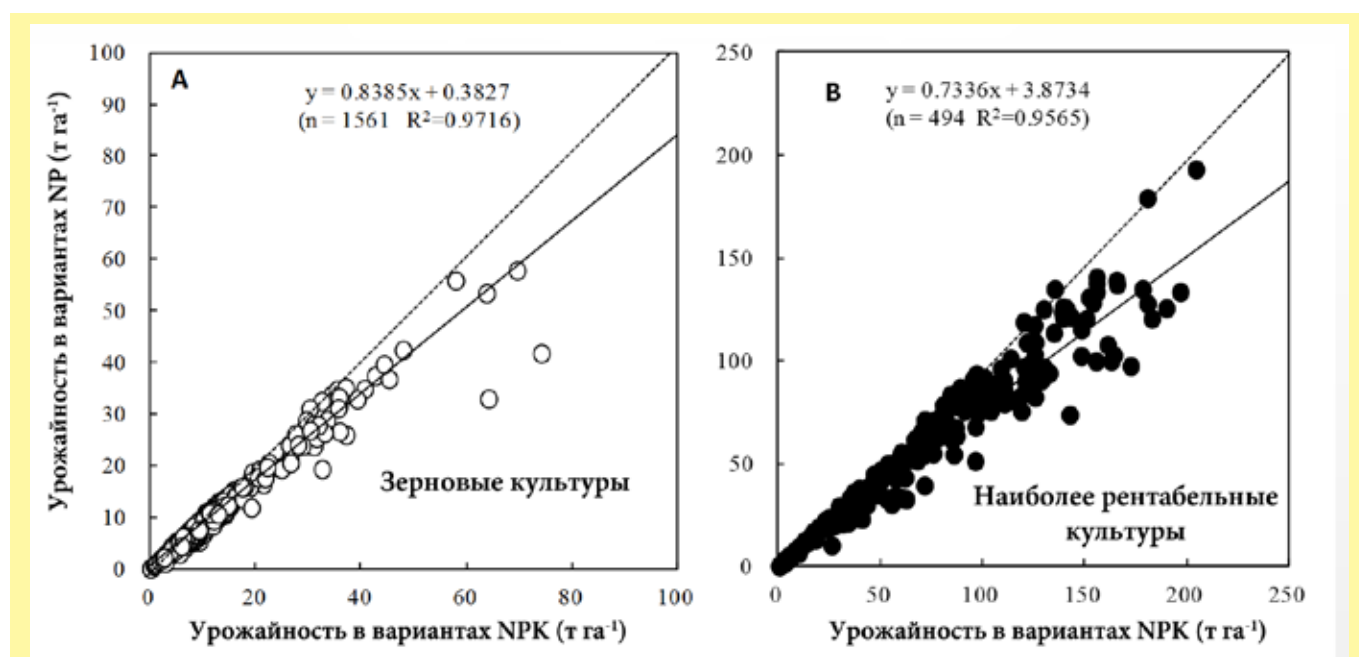


Рис. 4. Урожайность в вариантах с внесением NP и NPK у двух групп сельскохозяйственных культур: А – зерновые культуры; В – наиболее рентабельные культуры. Пунктирная линия показывает соотношение урожайности 1:1.

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 – допосевого 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).