

Таблица 7. Изменение содержания обменного калия в почве за период последствия калийных удобрений, мг K <sub>2</sub> O/100 г почвы.					
Вариант	Годы исследования				
	2008	2009	2010	2011	2012
Без удобрений	8.5	8.2	8.1	8.1	7.8
NP	8.0	7.9	7.9	8.1	7.8
NPK25%	10.0	8.3	8.9	8.0	7.2
NPK50%	12.4	9.0	9.2	8.3	7.2
NPK75%	14.5	10.3	9.7	9.5	9.0
NPK100%	26.3	16.1	15.3	11.7	10.0
NPK125%	35.5	22.8	18.1	14.2	11.7
HCP <sub>0.05</sub>	7.1	6.5	6.7	6.3	6.3

калийных удобрений, обуславливает переход этого элемента в разряд первого минимума, что существенно лимитирует продуктивность выращиваемых культур. Внесение других видов минеральных удобрений при сильном дефиците калия не ведет к повышению урожайности культур, прежде всего, калиелюбивых (картофель, овощи и др.). В то же время сбалансированное минеральное питание обеспечивает стабильное получение высокого урожая. Регулярное использование калийных удобрений позволяет при расчете их доз допускать небольшой (20-25%) дефицит баланса калия в агроценозе, при котором калийное состояние почвы сохраняется на оптимальном уровне. Положительное влияние калийных удобрений на продуктивность культур особенно отчетливо проявляется в неблагоприятные по погодным условиям вегетационные сезоны.

Длительность периода последствия внесенных калийных удобрений зависит от их доз, используемых в предшествующие годы. Даже при многолетнем при-

менении невысоких (30-60 кг K<sub>2</sub>O/га) доз калийных удобрений период их последствия на среднесуглинистой почве не превышает 1-2 лет. Запасы калия в почве агроценоза, сформировавшиеся при длительном применении повышенных доз калийных удобрений (120-150 кг K<sub>2</sub>O/га), оказывают существенное положительное влияние на урожайность картофеля в течение 4-5 лет после прекращения их использования.

Якименко В.Н. – заведующий лабораторией агрохимии, доктор биологических наук, доцент; e-mail: yakimenko@issa.nsc.ru.

Нечаева Т.В. – научный сотрудник лаборатории агрохимии, кандидат биологических наук.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск).

## Литература

- Якименко В.Н. 2003. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд. СО РАН, 231 с.
- Якименко В.Н. и Носов В.В. 2012. Питание растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 2-5.
- Прокошев В.В. и Дерюгин И.П. 2000. Калий и калийные удобрения. М.: «Ледум», 185 с.
- Никитина Л.В. 2012. Агрохимия, 12:15-23.
- Носов В.В., Соколова Т.А., Прокошев В.В. и Исаенко М.А. 1997. Агрохимия, 5: 13-19.
- Якименко В.Н. 2009. Плодородие, 4: 8-10.
- Важенин И.Г. и Карасева Г.И. 1959. Почвоведение, 3: 11-21.

## Исследования по калийной тематике в Уругвае

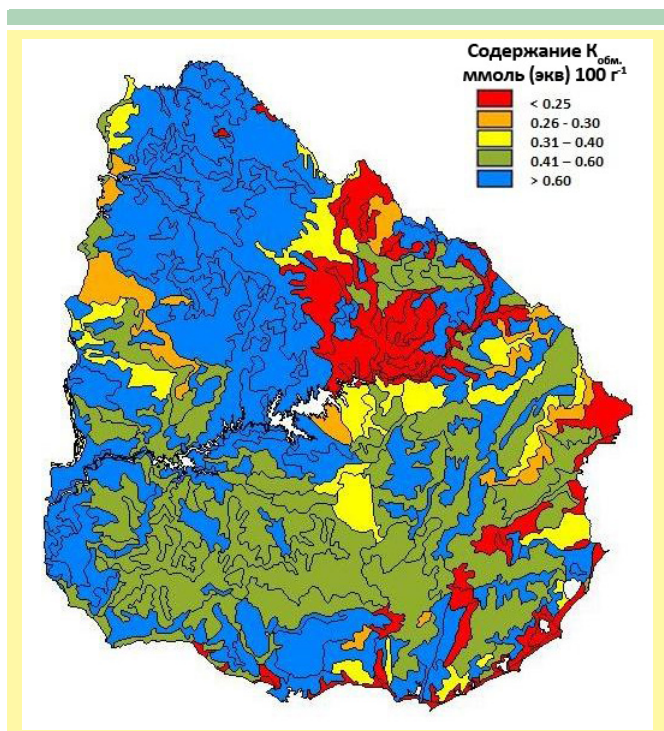
Ф. Гарсия и М. Барбазан

Восточная Республика Уругвай расположена в юго-восточной части Южной Америки. Она граничит на западе с Аргентиной, а на севере и востоке – с Бразилией. Уругвай омывается водами залива Ла-Плата («Серебряная река») на юге и Атлантического океана – на юго-востоке. Население страны – 3.3 млн человек, а площадь – около 176 тыс. км<sup>2</sup>. Доля сельского хозяйства в ВВП страны составляет 11.8% примерно при равном вкладе животноводства и растениеводства (DIEA-MGAP, 2015). Сельское хозяйство страны по большей части ориентировано на экспорт. Так, продукция сельского и лесного хозяйства составляет 75% экспорта. В основном это соя, крупный рогатый скот, молочные продукты, лесоматериалы и рис.

Сельское хозяйство Уругвая исторически развивалось на почвах с высокой обеспеченностью обменным калием при традиционной системе обработки почвы и использовании пастбищных севооборотов, что и объясняло отсутствие рекомендаций по применению калийных удобрений (Hernández, 1997; Hernández и др., 1988). Однако почвы Уругвая характеризуются

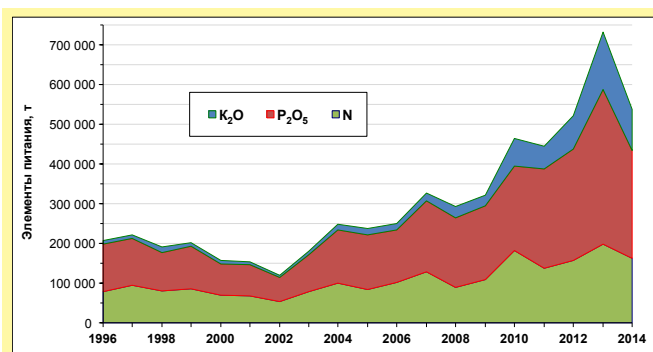
широким диапазоном содержания обменного калия (рис. 1). Согласно результатам проведенного в стране почвенного обследования (Soil Survey Guide of Uruguay), почвенные разности с низкой обеспеченностью доступным для растений калием занимали приблизительно 5 млн га. В исторически сложившейся земледельческой зоне на западе Уругвая содержание обменного калия в почвах находилось в диапазоне от среднего до высокого.

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 предложен ряд рекомендаций по применению минеральных удобрений под указанные культуры. В 1960-х гг.



**Рис. 1.** Содержание обменного калия (К<sub>обм.</sub>) в почвах Уругвая в слое 0-20 см по данным почвенного обследования. Масштаб: 1:1000000. Источник: Califra и Barbazán (неопубликов. данные).

были проведены первые исследования по питанию калием зерновых культур, и была продемонстрирована отзывчивость пшеницы на применение калийных удобрений на почвах, развитых на песчаниках меловой формации (Moir и Reynaert, 1962). Два десятилетия спустя в северо-восточной части страны было проведено несколько исследований по минеральному питанию сои, согласно результатам которых растения либо слабо отзывались, либо не отзывались на применение калийных удобрений (Colombo и Collares, 1982; Docampo и др., 1981; Marella и др., 1981). Немногочисленность исследований по калийной тематике, по-видимому, была связана с тем, что сельское хозяйство страны развивалось в первую очередь в регионах, почвы которых имели высокую обеспеченность обменным калием. При этом практиковались пастбищные севообороты, и использовалась традиционная обработка почвы. Это и объясняет отсутствие рекомендаций по применению калийных удобрений в то время. Их внесение рекомендовалось только при содержании обменного калия в почве менее 0.30 смоль (экв) кг<sup>-1</sup> или 117 мг К кг<sup>-1</sup> (Oudri



**Рис. 2.** Посевные площади семи основных сельскохозяйственных культур в Уругвае за период 2002-2014 гг. Источник: DIEA-MGAP, 2015.

и др., 1976), исходя из результатов работ, проведенных в «кукурузном поясе» США. Эти работы показали, что при содержании обменного калия в почве более 0.23-0.33 смоль (экв) кг<sup>-1</sup> (90-130 мг К кг<sup>-1</sup>) низка вероятность того, что растения сои и кукурузы будут отзываться на применение калийных удобрений при использовании традиционной обработки почвы.

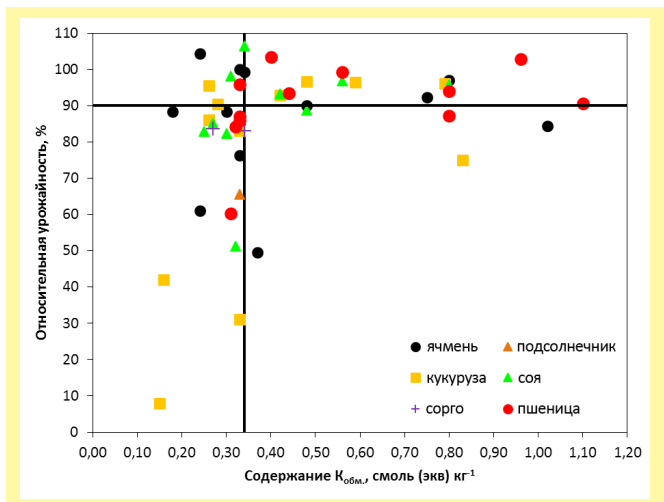
Структура сельского хозяйства Уругвая изменилась за последние десятилетия, что обусловлено ростом мировых цен на зерно (Wingeyer и др., 2015; Ernst и др., 2016). Посевные площади сельскохозяйственных культур выросли с 700 тыс. га в 2002 г. до более чем 2 млн га в 2014 г. При этом на долю сои и пшеницы в структуре посевных площадей в 2014 г. приходилось соответственно 67 и 20%. Произошла интенсификация систем земледелия – переход от пастбищных севооборотов к непрерывному ежегодному возделыванию сельскохозяйственных культур при нулевой обработке почвы. Текущий уровень интенсивности составляет 1.5 культуры в год (рис. 2).

Без применения калийных удобрений в земледелии Уругвая исторически складывался отрицательный баланс калия, рассчитываемый как разность между поступлением калия с удобрениями и выносом с урожаем (Mancassola и Casanova, 2015). Более того, с ростом посевных площадей сои за последние два десятилетия баланс калия стал еще более дефицитным из-за высокой потребности данной культуры в калии. Экспорт сои в 2014 г. составил 3.6 млн т, то есть, исходя из среднего содержания калия в семенах сои, отчуждение калия с данной продукцией достигает приблизительно 63 тыс. т К<sub>2</sub>O. Кроме того, сельское хозяйство стало распространяться на маргинальные (малопродуктивные) территории в северо-центральной и восточной частях страны, где преобладают почвы с низким содержанием обменного калия.

### Появление признаков недостатка калия и ответные меры

В полевых исследованиях, проведенных в конце 90-х и начале 2000-х гг. агрономическим факультетом Республиканского университета, Национальным исследовательским институтом сельского хозяйства и другими организациями, в ряде случаев на почвах с низким содержанием обменного калия были выявлены признаки недостатка калия у таких культур, как кукуруза, белый клевер, люцерна и лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) (Moron и Baethgen, 1996; Moron, 1998, 1999, 2000; Barbazan и др., 2007). Более того, нарастающее распространение внешних признаков недостатка калия, подтвержденное данными растительной диагностики, повлекло за собой проведение специальных исследований, которые продемонстрировали отзывчивость ряда сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений.

Была проведена серия полевых опытов, продемонстрировавших отзывчивость сельскохозяйственных культур на внесение калия в почву (Almada, 2006; Bautes и др., 2009; Cano и др., 2007; Garcia Lamothe и др., 2009). М. Барбазан с соавт. (Barbazán и др., 2011) обобщили результаты 50-ти полевых опытов, проведенных



**Рис. 3.** Взаимосвязь между относительной урожайностью сельскохозяйственных культур и содержанием обменного калия в почвах Уругвая в слое 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 физ. весе). Источник: Barbazán и др., 2011.

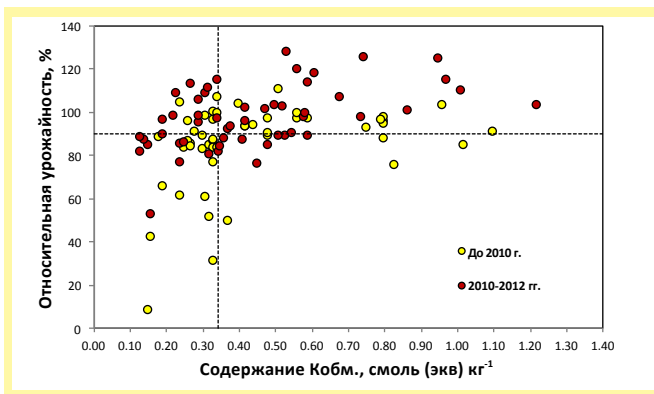
разными группами исследователей в 2004-2010 гг. В данных опытах изучалась отзывчивость ячменя, пшеницы, кукурузы, сои, сорго и подсолнечника на применение калийных удобрений на почвах разного гранулометрического состава, различающихся по содержанию обменного калия. В 15-ти из 50-ти опытов калийные удобрения повышали урожайность изученных культур ( $p < 0.10$ ). Критическое содержание обменного калия в слое почвы 0-20 см составило 0.30-0.40 смоль (экв)  $\text{kg}^{-1}$  (120-160 мг К  $\text{kg}^{-1}$ ) для всех вышеуказанных культур в изученных почвенно-климатических условиях (рис. 3). Данное исследование стало прорывом в изучении калийной проблематики в Уругвае, и полученные результаты продемонстрировали необходимость дальнейшего исследования динамики калия в почвах страны.

### Современные работы по калию в Уругвае

Исследования последних 6-ти лет были направлены на улучшение диагностики недостатка калия и прогнозирование отзывчивости сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений. Взаимосвязь между отзывчивостью полевых культур на внесение калийных удобрений и содержанием обменного калия в почве подвержена влиянию следующих факторов: сроки отбора почвенных образцов и их доведение до воздушно-сухого состояния, минералогический состав почвы, высвобождение калия из необменной формы и т.д. (Zorb и др., 2014). Ниже представлен обзор недавних, а также текущих исследований по данным аспектам, проводимых в Уругвае.

#### 1. Уточненная группировка почв по содержанию обменного калия (Barbazán и др., 2013)

Критическое содержание обменного калия в слое почвы 0-20 см (0.30-0.40 смоль (экв)  $\text{kg}^{-1}$  или 120-160 мг К  $\text{kg}^{-1}$ ), установленное в более ранних исследованиях, было подтверждено результатами полевых опытов, проведенных и после 2010 г. (рис. 4). Однако



**Рис. 4.** Взаимосвязь между относительной урожайностью сельскохозяйственных культур и содержанием обменного калия в почвах Уругвая в слое 0-20 см. Представлено обобщение результатов полевых опытов, проведенных до 2010 г., а также в 2010-2012 гг. ( $n=57$ ). Относительная урожайность рассчитывалась как процентное соотношение между средней урожайностью в контрольном варианте и при внесении хлористого калия. Источник: Barbazán и др. (2013).

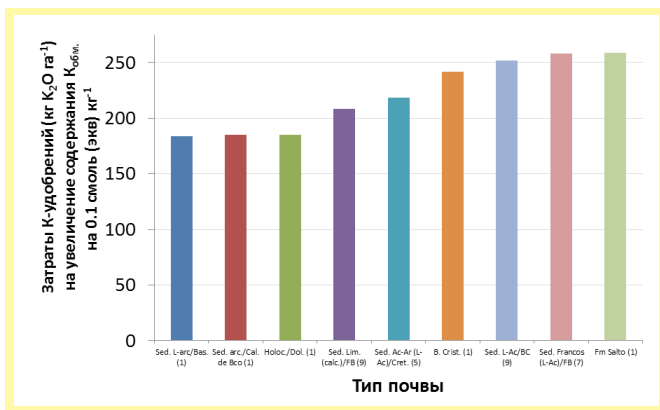
сохраняется недостаточная надежность прогнозирования отзывчивости сельскохозяйственных культур на применение калийных удобрений. Это указывает на необходимость учета комплекса факторов, потенциально оказывающих влияние на отзывчивость растений на калий, включая сроки отбора почвенных образцов, пространственное варьирование содержания обменного калия в почве, высушивание почвенных образцов, величину pH почвы, а также ее гранулометрический и минералогический состав.

#### 2. Затраты калийных удобрений на увеличение содержания обменного калия в почвах Уругвая (Faggionato, 2011)

Г. Фажгионато (Faggionato, 2011) изучил изменения в содержании обменного калия в сельскохозяйственных почвах страны (36 почвенных образцов) после добавления калийных удобрений и инкубирования в контролируемых условиях (рис. 5). Как показали полевые исследования, затраты калийных удобрений на увеличение содержания обменного калия в почве на 0.1 смоль (экв)  $\text{kg}^{-1}$  составляют 127-526 кг  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{га}^{-1}$  или в среднем – 231 кг  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{га}^{-1}$  (4.9 кг К  $\text{га}^{-1}$  на 1 мг К  $\text{kg}^{-1}$  почвы). Результаты исследований, проведенных в штате Айова (США), свидетельствуют о том, что затраты калийных удобрений на увеличение содержания обменного калия в почве на 0.1 смоль (экв)  $\text{kg}^{-1}$  составляют 106-354 кг  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{га}^{-1}$  или 2.3-7.6 кг К  $\text{га}^{-1}$  на 1 мг К  $\text{kg}^{-1}$  почвы (Mallarino и др., 2013).

#### 3. Высвобождение калия из растительных остатков кукурузы и сои и временное варьирование содержания обменного калия в почве (Barbazán и др., 2011)

Распределение калия по профилю почвы зависит от качества растительных остатков, а также способов их утилизации. Это необходимо учитывать при проведении почвенных обследований (отборе почвенных образцов) и выработке рекомендаций по применению калийных удобрений. Исследования, проведенные М. Барбазан с соавт. (2011), показали, что содержание обменного калия варьирует по профилю почвы в зависимости от интенсивности высвобождения калия из растительных остатков (рис. 6).



**Рис. 5.** Затраты калийных удобрений ( $\text{кг K}_2\text{O га}^{-1}$ ) на увеличение содержания обменного калия на 0.1 смоль (экв)  $\text{кг}^{-1}$  в разных типах почв Уругвая при инкубировании в контролируемых условиях. Источник: Barbazan и др., 2011.

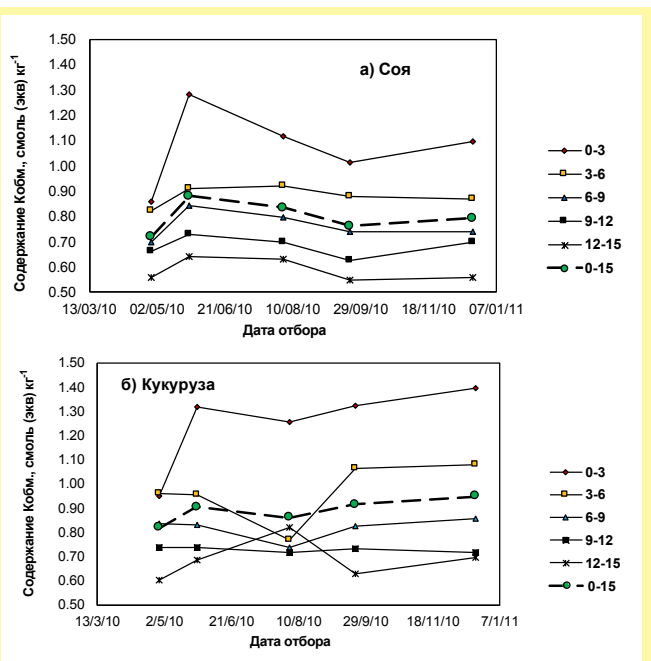
#### 4. Обследование коммерческих посевов сои (Bordoli и др., 2012)

Ж. Бордоли с соавт. (Bordoli и др., 2012) изучали недостаток элементов питания у растений в разных регионах страны, используя сою в качестве индикаторной культуры (178 коммерческих полей). В течение двух сезонов (2009-10 и 2010-11 гг.) была проведена почвенная и растительная диагностика с отбором образцов почв и листьев растений в фазы начала цветения – полного цветения. Урожайность сои составила 511-5435  $\text{кг га}^{-1}$ . В 23% случаев содержание обменного калия в почве было ниже 0.30 смоль (экв)  $\text{кг}^{-1}$ . Содержание калия (K) в листьях сои в данном исследовании составило в среднем 2.03% ( $\pm 0.53$ ). Чаще всего у растений отмечался недостаток таких элементов питания, как фосфор, калий и азот. Их содержание в листьях было ниже критических значений соответственно в 42, 39 и 13% случаев (рис. 7). Полученные результаты свидетельствуют о том, что недостаток калия у растений отчасти лимитирует продуктивность сои. Это предполагает корректировку калийного питания растений при проработке системы применения удобрений в соевых агроценозах.

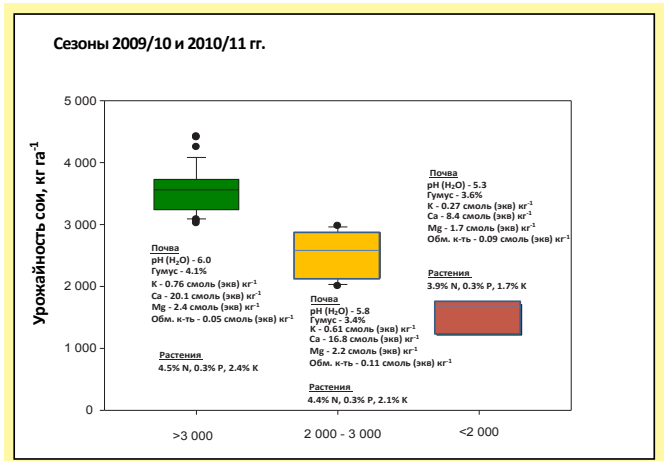
#### 5. Определение содержания обменного калия в образцах почвы при естественной влажности (Barbazán и др., 2013)

В почвенно-аналитических лабораториях содержание обменного калия обычно определяют в воздушно-сухих образцах почвы. Исследования, выполненные П. Барбагелатой и А. Малларино (Barbagelata и Mallarino, 2013), свидетельствуют об улучшении интерпретации результатов почвенных анализов при определении содержания обменного калия в образцах почвы при естественной полевой влажности. Аналогичные результаты были получены и М. Барбазан с соавт. (Barbazan и др., 2014, неопубликов. данные) при анализе почвенных образцов, отобранных в полевых опытах в Уругвае. Как видно из рис. 8, при низком уровне содержания обменного калия использование воздушно-сухих образцов почвы ведет к завышению результатов. Это одна из возможных причин неудовлетворительной группировки по обеспеченности почв калием, получаемой для некоторых массивов данных.

#### 6. Определение содержания необменных форм калия в почве: хорошая корреляция между урожайностью растений и содержанием калия в вытяжке



**Рис. 6.** Временное варьирование содержания обменного калия после уборки сои (а) и кукурузы (б) по слоям почвы (см). Адаптировано из: Barbazán и др., 2011



**Рис. 7.** Продуктивность сои, увязанная с данными почвенно-растительной диагностики. Показаны медиана (тонкая линия внутри) и процентилю (10-й, 25-й, 75-й и 90-й). Адаптировано из: Bordoli и др., 2012.

#### тетрафенилбората натрия (Nuñez, 2014)

А. Нуñez (Nuñez, 2014) протестировал вытяжку тетрафенилбората натрия (Na-ТФБ) для извлечения почвенного калия. Данный метод позволяет оценить количество доступного растениям калия из необменной формы. Использование вытяжки Na-ТФБ помогает лучше оценить содержание доступного растениям калия в почве и добиться лучшей корреляции с балансом калия по сравнению с вытяжкой ацетата аммония. Это объясняется тем, что с помощью вытяжки Na-ТФБ извлекается как обменный калий, так и часть необменного калия, доступного растениям (рис. 9). Этот метод считается перспективным для оценки резервов почвенного калия и для мониторинга калийного состояния почв.

#### 7. Пространственное варьирование содержания обменного калия в почве и отзывчивость сои на применение калийных удобрений: эдафические и топографические факторы (Coitiño, 2016)

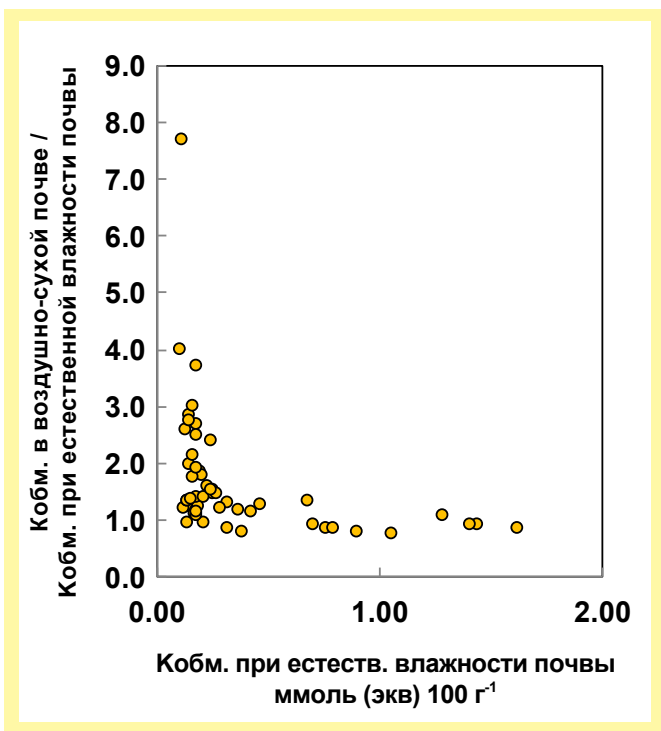


Рис. 8. Зависимость между отношением «содержание  $K_{обм.}$  в воздушно-сухой почве / содержание  $K_{обм.}$  при естественной влажности почвы» и содержанием  $K_{обм.}$  при естественной влажности почвы.

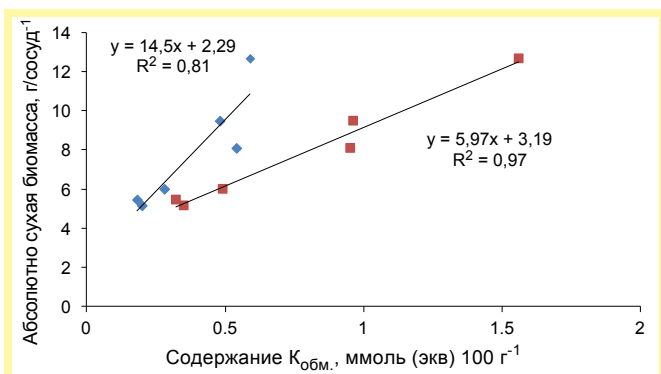


Рис. 9. Урожайность биомассы растений в зависимости от содержания обменного калия в почве, а также калия, извлекаемого из почвы вытяжкой Na-ТФБ. Источник: Nuñez, 2014.

Задачи исследования, проведенного Х. Коитино (Coitiño, 2016), заключались в следующем: 1) количественно оценить отзывчивость сои на применение калийных удобрений при варьировании содержания обменного калия в почве в диапазоне, близком к критическому уровню; 2) изучить взаимосвязи между отзывчивостью сои на применение калийных удобрений и физико-химическими свойствами почвы, а также топографическими свойствами участков; 3) изучить временное варьирование отзывчивости растений на применение калийных удобрений; 4) выделить зоны внутри поля с разной отзывчивостью на применение калийных удобрений. Полевые опыты с внесением разных доз калийных удобрений полосами проводились в течение 2-х лет (2012 и 2013 годы) на одном и том же поле, где выращивалась соя. Оценка пространственного варьирования содержания обменного калия в почве в 2012 г., выполненная с помощью кластерного анализа, позволила выделить несколько зон внутри данного

поля (рис. 10). Среднее содержание обменного калия на участках без внесения калийных удобрений составило 0.46 смоль (экв)  $кг^{-1}$  в 2012 г. и 0.40 смоль (экв)  $кг^{-1}$  – в 2013 г. Различия в калийснабжающей способности почв по годам исследований отражались на проявлении внешних признаков недостатка калия и на накоплении сухого вещества на ранних этапах развития растений, а также на содержании калия в растениях в репродуктивный период развития. Прибавка урожайности сои от применения калийных удобрений была значимой только в 2013 г. и различалась в выделенных по содержанию обменного калия зонах. Наблюдалась взаимосвязь между отзывчивостью сои на внесение калийных удобрений и содержанием обменного калия в почве. Других показателей, которые могли бы дополнить интерпретацию данных по содержанию обменного калия в почве и более точно охарактеризовать отзывчивость растений на применение калийных удобрений, выявлено не было.

### Заключительные рассуждения

Результаты исследований, проведенных за последние годы в Уругвае, в значительной мере способствовали росту импорта калийных удобрений, который вырос с 9 до 146 тыс. т  $K_2O$  в период с 2003 по 2013 годы (рис. 11).

Будущие исследования и опытная работа должны быть сфокусированы на взаимосвязи динамики калия с минералогическими и физическими свойствами почвы, а также с изменениями в системе земледелия, включая обработку почвы, в средне- и долгосрочной перспективе. Данные исследования помогут усовершенствовать рекомендации по применению калийных удобрений. Эффективность использования калия из удобрений растениями зависит от понимания динамики калия в системе «почва – растение», а также отзывчивости растений и почвы на применяемые системы управления почвенным плодородием.

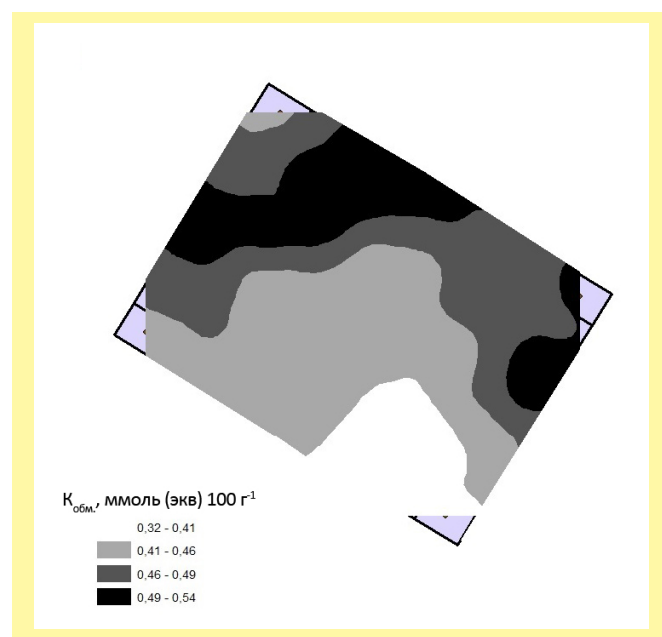


Рис. 10. Картограмма содержания обменного калия в почве: длительный полевой опыт, заложенный на ферме Ла Манера в г. Пайсанду (Уругвай). Источник: Coitiño (2016).

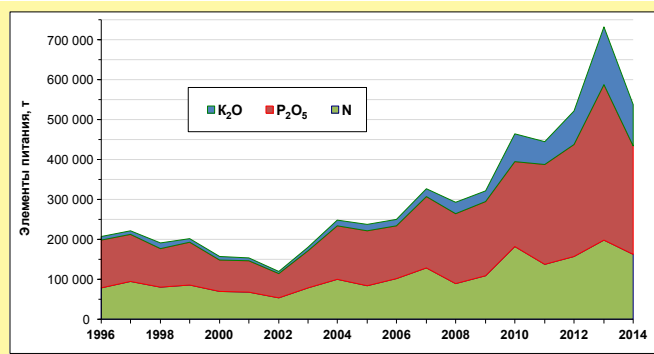


Рис. 11. Импорт минеральных удобрений Уругваем в 1996-2014 гг. Источник: DIEA-MGAP, 2015.

Д-р Гарсия – Региональный директор Международного института питания растений по странам «Южного конуса» Латинской Америки (Аргентина). E-mail: fgarcia@ipni.net.

Д-р Барбазан – адъюнкт-профессор кафедры почвенных и водных ресурсов агрономического факультета Республиканского университета, г. Монтевидео (Уругвай). E-mail: mbarbaz@fagro.edu.uy.

## Литература

- Almada, P. 2006. Fertilización P y K de maíz en tres suelos de Durazno. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Montevideo. UY.
- Barbagelata P.A., and A. P. Mallarino. 2013. Field correlation of potassium soil test methods based on dried and field-moist soil samples for corn and soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:318-327.
- Barbazán M., Bautes C., Beux L., Bordoli J., Cano J., Ernst O., García A., García F., and Quincke A. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. *Agrociencia (Uruguay)*, 15 (2): 93-99.
- Barbazán MM, Bordoli JM, Coitiño J, del Pino A, Hoffman E, and Mazzilli S. 2013. Avances en estudios de potasio en Uruguay. In: *Simposio Fertilidad 2013*. Rosario, Santa Fe, Argentina). Nutrición de los cultivos para la intensificación productiva sustentable. IPNI-Fertilizar AC. pp 151-155.
- Barbazán, M.M., G. Faggionato, A. del Pino, and J. Rodríguez. 2011. Changes in Soil Exchangeable Potassium After Fertilizer Application in Agricultural Soils of Uruguay. *Proceedings: Fundamental for life: soil, crop, and environmental sciences. ASA-CSSA-SSSA International Annual Meeting*. San Antonio, Texas, US. Oct.16-19.
- Barbazán M.; Ferrando M. and Zamalvide J. 2007. Estado nutricional de *Lotus corniculatus* L. en Uruguay. *Agrociencia Vol XI N° 1* pág. 22 – 34.
- Barbazán, M.M., M.J. Fiorelli, J. Rodríguez, A. del Pino, S. Mazzilli, and O. Ernst. 2011. Liberación de potasio desde rastrojos de maíz y soja y variación en el suelo. *Actas del Simposio Fertilidad 2011*, Rosario, Argentina «La Nutrición de Cultivos Integrada al Sistema de Producción». IPNI-Fertilizar AC.
- Bautes C., M. Barbazan and L Beux. 2009. Fertilización potásica inicial y residual en cultivos de secano en suelos sobre areniscas cretácicas y transicionales. *Informaciones Agronomicas del Cono Sur*. 41:1-8.
- Bordoli J.M., Barbazán, M.M., and Rocha, L. 2012. Soil nutritional survey for soybean production in Uruguay. *Agrociencia, Special Issue*, 76-83.
- Cano . D., O. R. Ernst, and F. O. Garcia. 2007. Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay. *Informaciones Agronomicas del Cono Sur*. 36:9-12.
- Colombo, M., y J.R. Collares. 1982. Efecto del encalado y fertilización PK en suelos arenosos ácidos. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Montevideo. UY.
- DIEA – MGAP. 2015. Anuario Estadístico Agropecuario 2015. <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O,es,O,> Verified 15 June 016. Uruguay.
- Docampo, R., M. Ferres, y D. Zooby. 1981. Efecto del encalado, fertilización fosfatada y potásica en la producción de soja en suelos arenosos de Tacuarembó. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- Ernst O. R., A. R. Kemanian, S. R. Mazzilli, M. Cadenazzi, and S. Dogliotti. 2016. Depressed attainable wheat yields under continuous annual no-tillagriculture suggest declining soil productivity. *Field Crops Research*, 186: 107–116
- García Lamothe A, Quincke A, Pereyra S, and Díaz de Ackermann M. 2009. Respuesta a cloruro de potasio (KCl) en trigo y cebada. En: *Jornada de Cultivos de Invierno (2009, Mercedes, Uruguay)*. La Estanzuela: INIA. (Serie Actividades de Difusión no. 566). pp 13-18.
- Hernández, J., O. Casanova and J. P. Zamalvide. 1988. Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. *Boletín de Investigación* No. 19. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 20p.
- Hernández. J. 1997. Potasio. Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (Cereales y pasturas). Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Pp. 29-33.
- Mallarino A.P, J. E. Sawyer, and S. K. Barnhart. 2013. A General Guide for Crop Nutrient and Limestone Recommendations in Iowa. PM 1688. Extension adn Outreach, Iowa State University. Ames, Iowa, US.
- 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)
- Marella, G., A. Crosa, y J. Bordaberry. 1981. Respuesta de la soja a la fertilización fosfatada y potásica. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Montevideo.
- Moir, T. R. G. and E. E. Reynaert. 1962. Ensayos de fertilización de cultivos. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería y Agricultura.
- Morón, A. 1998. Requerimientos de fertilización y relevamiento nutricional. In: *Jornada de Alfalfa*. Canelones, Uruguay. p.15-20
- Morón, A. 1999. Relevamiento del estado nutricional y la fertilidad del suelo en cultivos de Trébol blanco. In: *Jornada de Trébol blanco*. INIA. Serie de Actividades de Difusión N° 200. 1-14p.
- Morón A. 2000. Fertilidad de suelos y estado nutricional. En: *Rebuffo M, Risso D, Restaino E. (Eds.). Tecnología en alfalfa*. INIA Boletín de Divulgación n° 69. 37-52. Montevideo, Uruguay.
- Morón, A.; Baethgen, W. 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera. INIA Serie Técnica 73. Montevideo, Uruguay. 16 p.
- Nuñez A. 2014. Dinámica del potasio en suelos agrícolas. Thesis M.Sc. Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay. 97 p.
- Oudri N, Castro JL, Doti R, Secondi de Carbonell A. 1976. Guía para fertilización de cultivos. Montevideo: MAP. 48p.
- Wingeyer A.B., Amado T., Pérez-Bidegain M., Studdert G.A., Perdomo Varela C.H., García F.O., Karlen, D.L. 2015. Soil quality impacts of current South American. *Sustainability* 7:2213–2242, <http://dx.doi.org/10.3390/su7022213>.
- Zorb C., M. Senbayram, and E. Peiter. 2014. Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology* 171:656-669.

Перевод с английского: Носов В.В.