

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ НА ДИНАМИКУ ОБМЕННОГО КАЛИЯ В ПОЧВАХ

Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н., Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., ВНИИА

Показано, что в длительных полевых опытах применение калийных удобрений в первых ротациях севооборотов повышает содержание обменного калия в почвах с последующей его стабилизацией или даже снижением вследствие трансформации подвижных форм элемента в менее подвижные. За счет обратного перехода необменных форм почвенного калия в более доступные урожайность культур может поддерживаться на сравнительно стабильном уровне даже при отрицательном хозяйственном балансе элемента.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, почва, обменный калий, трансформация.

Обменный калий – один из важнейших показателей плодородия почв, так как, наряду с азотом и фосфором, относится к основным элементам питания растений [12, 13, 15]. В 70-80-ые годы XX в. в период интенсивной химизации земледелия содержание обменного калия в почвах постепенно возрастало. В последние десятилетия в связи с резким сокращением применения минеральных удобрений до 5–10 кг/га и органических – до 0,4–0,5 т/га отмечено заметное обеднение почв обменным калием [4]. Вместе с тем, урожайность сельскохозяйственных культур, в частности сбор зерновых культур, в последние десятилетия, несмотря на отрицательный баланс основных элементов питания в земледелии страны, сохраняется почти на прежнем, т.е. доперестроечном, уровне. Если в 1986–1990 гг. урожайность зерновых со всей уборочной площади в России составляла 17,4 ц/га, то в 2001–2004 гг. – 18,0 ц/га [9, 14]. Это может быть связано с тем, что в постперестроечный период из использования выбыли малоплодородные земли и с тем, что растения обеспечиваются питательными веществами, включая калий, почвенными запасами, созданными в годы интенсивной химизации. При этом в ряде регионов все еще не наблюдается снижение обменного калия в пахотном слое почв [3]. Особенности динамики обменного калия в различных почвах обсуждались многими исследователями [2, 11–13]. В частности, по результатам длительного опыта ДАОС установлено, что достоверное увеличение содержания в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве различных форм калия в пахотном горизонте было достигнуто только по максимальной дозе удобрений – (NPK)600 при положительном балансе калия. Однако количество фиксированного калия повышалось по мере роста доз NPK от 200 до 600 кг/га [8].

Цель исследований – изучить влияние систематического применения удобрений на динамику обменного калия в почвах.

Методика. Исследования по динамике обменного калия проводились в шести длительных полевых опытах на почвах, значительно различающихся по своим генетическим особенностям: дерново-глееватой тяжелосуглинистой осушенной (Литовский НИИ земледелия), дерново-подзолистой тяжелосуглинистой (ЦОС ВНИИА, Московская обл.), дерново-подзолистой легкосуглинистой (ВНИИА, Смоленская обл.), дерново-подзолистой супесчаной (Гродненская опытная станция) и обыкновенном черноземе (Ставропольский НИИСХ). Содержание обменных форм элемента определялось по методу Эгнера-Рима в Литве, Масловой или Кирсанову в Нечерноземной зоне, Мачигину – в Ставропольском крае.

Результаты и их обсуждение. Исследование динамики обменного калия показало, что при положительном хозяйственном балансе его содержание в почвах, как правило, повышается, но не пропорционально интенсивности баланса. Это, в частности, подтверждается данными, полученными в

длительном опыте ЦОС ВНИИА [1], проведенном на тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почве.

В варианте NPK + навоз при среднегодовых дозах $N_{230}P_{140}K_{330}$ за семь ротаций полевого севооборота было внесено суммарно 9200 кг/га K_2O при выносе 5600 кг/га. На увеличение содержания обменного калия (по Масловой) в пахотном слое почвы на 76 мг/кг затрачено 3600 кг/га, внесенных сверх выноса, хотя теоретически для этого потребовалось бы только 228 кг/га (76×3). Неучтенное количество калия (более 3,3 т/га) перешло в малоподвижные формы и, возможно, частично мигрировало в подпахотные горизонты.

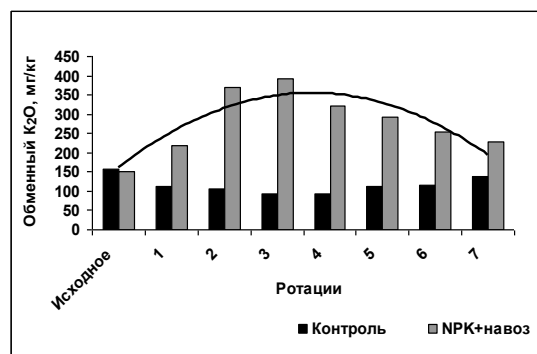


Рис. 1. Динамика содержания обменного калия в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (Московская обл.)

Из рисунка 1 также следует, что содержание обменного калия в пахотном слое возрастало только в первые три ротации полевого севооборота, но к завершению седьмой ротации содержание обменного калия снизилось до 227 мг/кг за счет более интенсивного перехода обменных форм элемента в необменные. Тенденция перехода обменного калия в необменные формы полностью подтверждается и в других анализируемых опытах.

В другом полевом опыте [5, 6], проведенном на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦОС ВНИИА, в течение трех лет изучали последствия 15-летнего внесения органических (бесподстилочный навоз КРС) и минеральных (NPK) удобрений на калийный режим почвы. Под культуры звена полевого севооборота – озимую пшеницу, ячмень и овес – в годы последствия вносили по 60 кг/га азотных удобрений в виде аммиачной селитры. Изучали содержание в пахотном слое разных форм почвенного калия: легкоподвижного (в вытяжке по Скофилду), обменного (по Кирсанову), необменно-поглощенного (по Петербургскому и Янишевскому) и прочно-фиксированного (при обработке смесью азотной и соляной кислот). В начале последствия содержание обменного калия в почве составляло: на контроле 98 мг/кг, в варианте с последствием двукратной дозы навоза – 197, пятикратной – 425, дозы NPK, эквивалентной двукратной дозе навоза, – 199 мг/кг. Исследования показали, что за двухлетний период последствия в пахотном слое почвы во всех вариантах снизилось содержание обменного калия. За трехлетний период в почве отмечены снижение содержания легкоподвижного калия и увеличение прочно фиксированного (табл.). Содержание необменно-поглощенной формы уменьшилось на контроле и в варианте с длительным применением минеральных удобрений, но повысилось при применении бесподстилочного навоза. Вынос K_2O культурами звена севооборота в сумме за 3 года последствия составил: в контрольном варианте 121 кг/га, при двукратной дозе навоза – 169, пятикратной – 211, минеральному эквиваленту двукратной дозы навоза – 132

кг/га. Отсюда следует, что даже при дефицитном балансе форм калия за счет более подвижных форм. калия в почве может повышаться содержание фиксированных

Содержание легкоподвижного, необменно-поглощенного и прочно фиксированного калия (K₂O) в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при трехлетнем последствии органических и минеральных удобрений, мг/кг

Вариант удобрения (фон)	Легкоподвижный калий			Необменно-поглощенный калий			Прочно фиксированный калий		
	Осень 1989 г.	Осень 1992 г.	Разница	Осень 1989 г.	Осень 1992 г.	Разница	Осень 1989 г.	Осень 1992 г.	Разница
Контроль	15	12	-3	290	270	-20	451	458	+7
Навоз, 2 дозы	24	18	-6	505	595	+90	435	558	+123
Навоз, 5 доз	38	16	-22	980	1100	+120	562	588	+26
НРК, экв. 2 дозам навоза	26	12	-14	835	615	-220	505	569	+64

В полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Смоленская обл.) [7] в варианте органоминеральной системы удобрения ($N_{75}P_{75}K_{75}$ + навоз 9,6 т/га) при внесении за 30 лет 4160 кг/га K_2O , выносе 2880 кг/га и положительном балансе 1280 кг/га содержание обменного калия (по Кирсанову) в пахотном слое не только не возросло, но даже снизилось со 146 до 115 мг/кг, т.е. с повышенного уровня обеспеченности до среднего, вследствие перехода элемента в необменные формы (рис. 2). Вместе с тем, за трехлетнее последствие удобрений в данном варианте содержание обменного калия в пахотном слое возросло со 115 до 181 мг/кг вследствие обратного перехода почвенного калия из необменных форм в обменную. Средняя продуктивность культур полевого севооборота за 30 лет действия удобрений в органоминеральном варианте составила 3 т з.е./га, а за трехлетний период последствия – 3,1 т з.е./га, т.е. оставалась практически на том же уровне.

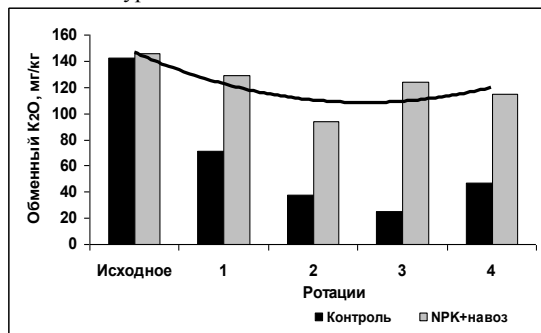
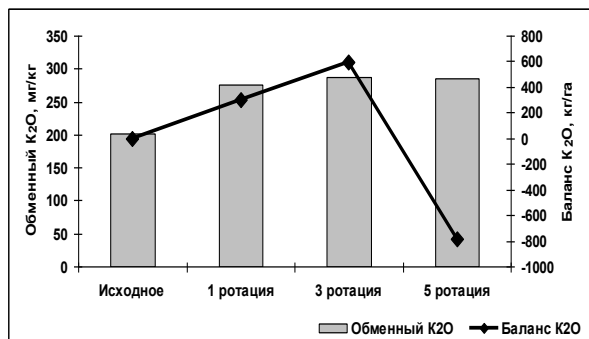
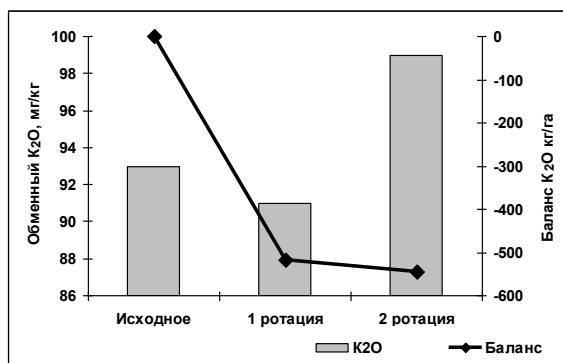


Рис. 2. Динамика содержания обменного калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Смоленская обл.)

В опыте на обыкновенном черноземе (Ставропольский край) [17] содержание обменного калия (по Мачигину) в пахотном слое почвы в варианте $N_{120}P_{120}K_{150}$ при положительном балансе калия в первых трех ротациях шестипольного севооборота возрастало. При отрицательном балансе обменного калия, когда в последних двух ротациях (четвертой и пятой) вносили только азотно-фосфорные удобрения, его содержание практически не изменилось (рис. 3А). Так, при внесении калийных удобрений сверх выноса в сумме 896 кг/га за 18 лет (три первые ротации) содержание обменного калия в почве увеличилось на 87 мг/кг, а на повышение содержания обменного калия на 10 мг/кг потребовалось сверх выноса 103 кг/га д.в. калийных удобрений. При дефиците баланса калия за последние 12 лет (4-я и 5-я ротации) в сумме 789 кг/га содержание обменного калия в пахотном слое практически не изменилось. Это означает, что вынос калия урожаями культур севооборота за две последние ротации был компенсирован за счет почвенных запасов необменных форм элемента. При этом запас обменного калия в подпахотном слое (20–100 см) не только не снизился, но даже возрос на 260 кг/га. Продуктивность полевого севооборота за первые три ротации составила 4,1 т з.е./га, а за последние две ротации – 3,6 т з.е./га. Продуктивность культур без применения калийных удобрений в данном варианте снизилась всего на 14%.



А



Б

Рис. 3. Баланс и содержание обменного калия в обыкновенном тяжелосуглинистом черноземе (А) (Ставропольский край) и в дерново-глебоватой тяжелосуглинистой осушенной почве (Б) (Литва) в варианте NPK

На дерново-глебоватом тяжелом осушенном суглинке (Литва), средне обеспеченном обменным калием (по Эгнеру-Риму) [10], его содержание в пахотном слое при внесении за ротацию $N_{225}P_{324}K_{350}$ возросло во второй ротации по сравнению с первой даже при суммарном дефиците баланса калия свыше 500 кг/га (рис. 3Б). В контрольном варианте, где удобрения не применяли, наблюдалось закономерное снижение обеспеченности почвы данным элементом.

В Белоруссии на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве [16] при внесении под культуры севооборота в среднем по 60 кг/га K_2O на фоне РК и ежегодном отрицательном балансе элемента содержание обменного калия (по Кирсанову) в первых трех ротациях полевого севооборота несколько возрастало также за счет необменных форм. Однако затем, к завершению четвертой ротации, при истощении их почвенного запаса, проявилась отчетливая тенденция к снижению обменной формы калия, что обусловлено невысокой обеспеченностью супесчаных почв этим элементом (рис. 4).

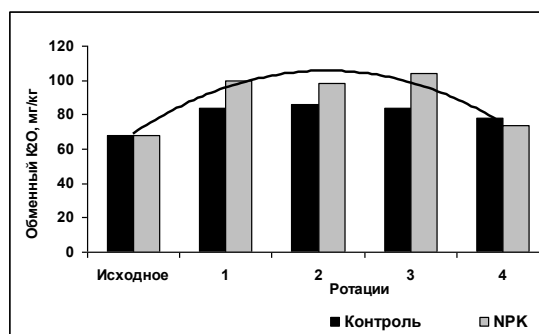


Рис. 4. Динамика обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве (Белоруссия)

Заключение. Многолетняя динамика подвижных форм калия в различных почвах длительных полевых опытов свидетельствует о трансформации его как в пахотных, так и подпахотных слоях. Интенсивность процессов трансформации обычно усиливается со временем взаимодействия калия с почвой. Установлен не только переход подвижных форм в малоподвижные, но и обратный, т.е. пополнение в пахотном и подпахотном слоях содержания подвижных форм из почвенных запасов, особенно отчетливый при отрицательном балансе элементов. Этот процесс обеспечивает определенное последствие удобрений, выражающееся в сравнительной устойчивости калийного режима почв и в поддержании продуктивности культур севооборотов. Приведенные результаты длительных полевых опытов в целом согласуются с процессами, свойственными для пахотных почв, что объясняет относительную стабильность урожайности сельскохозяйственных культур в стране в постперестроечный период. Вместе с тем, эти данные указывают на необходимость систематического применения удобрений с учетом запасов различных форм почвенного калия.

Литература

- Ефремов В.Ф. Изучение роли органического вещества навоза в повышении плодородия дерново-подзолистых почв // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (К 70-летию Геосети). М.: ВНИИА, 2011. С. 47-71.
- Жукова Л.М., Панкова Н.К., Никитина Л.В. Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистых почв и выщелоченных черноземов // Сб. научн. трудов. Вып. 8. М.: Агропромиздат, 1985. С. 5-27.
- Консультативное агрохимическое обслуживание в Российской Федерации. Итоги и перспективы (40 лет Агрохимической службе) / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2005. 569 с.
- Концепция развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации на период до 2010 года / Под ред. Г.А. Романенко. М.: ВНИИА, 2005. 80 с.
- Кривова Л.С. Последствие бесподстилочного навоза на урожайность зерновых культур и динамику агрохимических показателей дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Автореф. дис. канд. биол. наук. М.: ВНИИА, 2004. 21 с.
- Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А., Кривова Л.С. Последствие длительного применения бесподстилочного навоза на продуктивность зерновых культур и динамику агрохимических показателей дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы // Бюллетень ВИАУ. № 119. 2003. С. 23-26.
- Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. и др. Методика и результаты исследований в длительном факториальном опыте по изучению эффективности сочетаний и доз органических и минеральных удобрений // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2006. С. 163-165.
- Минеев В.Г. Изучить влияние систематического применения органических и минеральных удобрений в разных почвенно-климатических условиях на свойства почв и урожайность возделываемых культур и их качество // Краткий отчет-информация за 1974 год по проблемному заданию 0.51.126: «Осуществить дальнейшую разработку научных основ питания растений и повышения плодородия почв по зонам страны путем их химизации и выдать рекомендации производству по системам удобрения сельскохозяйственных культур». М.: ВИАУ, 1975. С. 75-108.
- Минеев В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. М.: МГУ, 2006. 795 с.
- Плесьвичус К.И. Сравнение систем удобрения на почвах, тяжелых по механическому составу // Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Тр. ВИАУ. 1982. Вып. 12. С. 4-82.
- Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения (Практическое руководство). М.: Лесум, 2000. 185 с.
- Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. М.: Колос, 1966. 336 с.
- Собачкин А.А., Забавская К.М., Чебан В.М. и др. Изучение эффективности калийных удобрений при насыщении севооборотов интенсивными культурами (полевой севооборот) // Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. М.: Труды ВИАУ, 1978. Вып. 5. С. 100-120.
- Сычев В.Г. Основные этапы и стратегия развития агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // Плодородие. 2009. С.3-8.
- Сычев В.Г., Минеев В.Г. Роль Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (ВНИИА) в решении комплексных проблем химизации сельского хозяйства // Плодородие. 2011. №3. С. 2-4.
- Шугля З.М. Система удобрения в севообороте // Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Тр. ВИАУ. 1982. Вып. II. С. 94-118.
- Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Продуктивность чернозема обыкновенного при длительном систематическом применении минеральных удобрений // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (К 70-летию Геосети). М.: ВНИИА, 2011. Вып.1. С. 331-351.

EFFECT OF LONG-TERM FERTILIZATION IN CROP ROTATION ON THE DYNAMICS OF EXCHANGEABLE POTASSIUM IN SOILS

R.A. Afanas'ev, G.E. Merzlaya

***Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova
31a, Moscow, 127550 Russia,
E-mail: rafail-afanasev@mail.ru***

The dynamics of exchangeable potassium in different soils at the systematic application of fertilizers in long-term field experiments has been analyzed. It has been shown that the application of potassium fertilizers results in an increase in the content of exchangeable potassium in soils followed by its stabilization or even decrease because of the transformation of mobile element forms to less mobile forms. The yield of crops can be maintained at a relatively stable level even at the negative balance of the element due to the back transfer of unchangeable forms of soil potassium to its more available forms.

Keywords: fertilizers, crop rotation, soil, exchangeable potassium, transformation.