

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗНОГО
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Л.В. Никитина, к.б. н., ВНИИА, С.М. Лукин, д.б.н., ВНИИОУ, М.П. Листова, к.б. н., ВНИИА

Представлены результаты сравнения двух стандартизованных методов определения доступного калия в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, длительные опыты, методы определения обменного и подвижного калия в почвах, дозы калия, интенсивность баланса калия.

Оптимизации калийного состояния пахотных почв в отечественном земледелии уделяется крайне недостаточно внимания. Такое положение во многом обусловлено несовершенством существующей диагностики плодородия пахотных почв в отношении калия [1; 2; 3], которая в немалой степени зависит от используемого метода. Большое разнообразие существующих методов затрудняет сравнительную оценку данных о содержании калия и его трансформации под влиянием удобрений в почвах различного генезиса.

Оценка плодородия почв в отношении калия основана чаще всего на определении абсолютного содержания в почве обменного калия с анализом результатов, полученных по определённому методу, в пределах разработанных для него градаций. Существенными недостатками используемых при этом градаций являются их усредненность и безотносительность к таким важным в отношении калия почвенным свойствам как гранулометрический состав почв и ёмкость катионного обмена [4].

Цель работы – сопоставить два стандартизованных метода определения калия в почве: метод Масловой (ГОСТ 26210-84) и метод Кирсанова (ГОСТ 26207-84), используемых для оценки плодородия дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны.

Методика. Сравнение двух стандартизованных методов определения калия в почве проводили в почвенных образцах, отобранных в длительных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава: супесчаной (опыт ВНИИОУ), легкосуглинистой (опыт Белорусского НИИПА), тяжелосуглинистой (опыт ЦОС ВИАУ) [5; 6]. Длительность опытов от 14 до 36 лет.

Используемый метод Масловой (вытяжка 1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$) при соотношении почва : раствор – 1:10 обеспечивает достаточно полное вытеснение обменного калия, и доля вытесненного калия в разных по генезису почвах (в том числе карбонатных) примерно одинакова (70-75%) [7]. Этот метод технически несложен, отличается хорошей воспроизводимостью и, что особенно важно, – универсален. Он применим к основным типам почв лесной, лесостепной и степной зон страны [8; 9; 5]. Метод Масловой наиболее точно отражает изменения количества именно обменного калия при внесении или отсутствии применения калийных удобрений [5; 6].

Определение подвижного калия по методу Кирсанова (0,2М HCl) предложено в 1977 г. ЦИНАО для ускорения аналитической процедуры, позволяющей установить содержание калия и фосфора в одной вытяжке [9]. Анализ данных определения калия в почвах по методу Кирсанова, проведенный В.В. Прокошевым, И.П. Дерюгиным [4], показал, что этот метод неприменим на обеднённых почвах, так как при его использовании завышенные показатели содержания доступного калия создают «иллюзию» благоприятного режима этого элемента в почве. Однако, по данным А.И. Иванова с соавторами, такие представления не универсальны [11].

Калий во всех аналитических исследованиях определяли при помощи пламенного фотометра. При расчётах баланса калия в опыте в его приходную часть включали поступление K_2O с внесёнными удобрениями (П), в расходной – учитывали

его вынос основной и побочной продукцией возделываемых культур (Р). В качестве интегрального показателя, характеризующего функционирование агроэкосистемы, использован коэффициент возмещения выноса или интенсивность баланса (ИБ) [6], которую определяют по формуле: $\text{ИБ} (\%) = \text{П}/\text{Р} \cdot 100$.

Результаты и их обсуждение. Количество обменного калия по Масловой и подвижного K_2O по Кирсанову в исследуемых почвах последовательно возрастало с увеличением доз внесения K_2O в составе систем удобрения (табл. 1).

1. Баланс и содержание калия в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава

Вариант опыта	Средне-годовая доза K_2O , кг/га	ИБ, %	Содержание калия, мг/100 г почвы			
			по Мас-ловой	+/- от удоб-рений	по Кирса-нову	+/- от удоб-рений
<i>Дерново-подзолистая супесчаная (16 лет)</i>						
Контроль	-	-	8,3	-	6,8	-
NP	-	-	6,1	-2,2	3,8	-3,0
NPK	60	110	8,0	-0,3	6,6	-0,2
Навоз, 10 т/га	60	138	10,5	+2,2	8,6	+1,8
Навоз, 20 т/га	120	236	13,4	+5,1	11,8	+5,0
Навоз + NPK	180	287	15,2	+6,9	13,9	+7,1
HCP ₀₅			2,0		1,6	
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая (15 лет)</i>						
Контроль		-	5,2	-	3,0	-
NP		-	4,3	-0,9	1,6	-1,4
NPK	89	87	7,0	+1,8	5,2	+2,2
Навоз, 15,4 т/га	89	85	7,0	+1,8	7,8	+4,8
NPK экв. навозу	89	80	8,2	+3,0	6,5	+3,5
Навоз+NPK	178	184	20,7	+15,5	18,6	+15,6
HCP ₀₅			4,1		1,9	
<i>Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая (14 лет)</i>						
Контроль	-	-	11,5	-	7,6	-
NP	-	-	12,6	+1,1	9,4	+1,8
NPK	86	84	13,8	+2,3	8,4	+0,8
NPK	123	109	15,6	+4,1	12,8	+5,2
NPK	160	138	15,7	+4,2	12,8	+5,2
HCP ₀₅			6,9		5,4	

Так, в дерново-подзолистой супесчаной почве (длительность опыта 16 лет) при низком уровне внесения минеральных удобрений со среднегодовой дозой K_{60} количество калия сохранялось на уровне контроля при интенсивности баланса 110%. Внесение навоза (среднегодовая доза K_{60}) обеспечивало более высокую интенсивность баланса (138%), а увеличение как обменного, так и подвижного калия было в пределах достоверного значения. Повышение доз калия в составе органической и органоминеральной систем удобрения (навоз и навоз + NPK) до 120-180 кг/га в год сопровождалось дальнейшим ростом интенсивности баланса и способствовало увеличению количества как обменного K_2O , определяемого по методу Масловой, так и подвижного, извлекаемого по методу Кирсанова. При этом достоверное увеличение количества калия, определяемого этими методами, было практически одинаковым. Так, относительно контроля увеличение содержания обменного K_2O в вариантах навоз и навоз + NPK составило 5,1-6,9 мг, а подвижного – 5,0-7,1 мг/100 г почвы.

В дерново-подзолистой легкосуглинистой почве после завершения второй ротации полевой севооборота (15 лет) в вариантах навоз и NPK внесение 90 кг/га K_2O в год обеспечи-

ло дефицитный баланс калия (ИБ=80-87%). При таком уровне внесения калия в составе навоза и NPK существенного увеличения количества обменного калия, определяемого по Масловой, не наблюдалось, а количество K_2O , извлекаемое солянокислой вытяжкой, отражало достоверное увеличение. И только увеличение вдвое среднегодовой дозы калия (178 кг/га) при совместном внесении навоза и NPK обеспечило положительный баланс и в равной степени достоверное увеличение количества калия, определённого разными методами. Накопление обменного калия (по Масловой) в варианте навоз + NPK относительно контроля составило 15,5 мг/100 г почвы, а подвижного (по Кирсанову) – 15,7 мг/100 г.

В дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (длительность 14 лет) при внесении среднегодовой дозы K_2O 84 кг/га складывался дефицитный баланс. Увеличение среднегодовых доз калия до 120-160 кг/га K_2O в год обеспечивало положительный баланс калия. Согласно данным таблицы 1, как низкие дозы калия, так и их повышение до 120-160 кг/га не способствовало существенному увеличению содержания калия, определяемого сравниваемыми методами.

Таким образом, как показывают результаты исследований, оба метода не отражают существенных изменений в содержании доступного калия в почвах при внесении невысоких доз (60-90 кг/га K_2O в год) в составе органической и минеральной систем удобрения как на легкой, так и на тяжелой почвах. Достоверное увеличение доступного калия отмечается только в почвах лёгкого гранулометрического состава с повышением доз калийных удобрений (120-180 кг/га в год) и интенсивности баланса в составе органической и органоминеральной систем. В тяжелосуглинистой почве при внесении среднегодовой дозы $K_{123-160}$ в составе минеральной системы удобрения, при более низком уровне интенсивности баланса калия увеличение количества доступного калия было несущественным.

Сопоставление результатов определения калия за 14-16 лет (см.табл.1) показало, что 1 М уксусно-аммонийная вытяжка извлекает калия в среднем в 1,5 раза больше, чем 0,2 М соляно-кислая. Так, разница между количествами калия, полученными этими методами достигает в супесчаной почве – 1,3-2,3 мг/100 г, в легкосуглинистой – 1,7-2,7, в тяжелосуглинистой – 2,8-5,4 мг/100 г почвы, т.е. при анализе вытяжек из лёгких почв эта разница меньше. Однако, со временем в супесчаной почве возрастают как абсолютное значение доступного калия, определённого двумя методами, так и разница между ними (1,4-6,5 мг/100 г почвы) по данным после 9-й ротации севооборота (табл.2).

2. Изменение содержания обменного и подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве после 9-й ротации севооборота (36 лет, 2010 г.)

Вариант опыта	Средне-годовая доза K_2O , кг/га	ИБ, %	Содержание калия, мг/100 г почвы			
			по Мас-ловой	+/- от удобре-ний	по Кирса-нову	+/- от удобре-ний
Контроль	-	-	10.0	-	8.3	-
NP	-	-	8.2	- 1.8	6.8	- 1.5
NPK	60	89	18.7	+ 8.7	14.7	+6.4
Навоз, 10 т/га	60	101	-	-	14.4	+6.1
Навоз, 20 т/га	120	176	20.7	+ 10.8	16.1	+7.8
Навоз + NPK	180	203	32.4	+ 22.4	25.9	+17.6
НСР ₀₅			4.0		3.6	

Отметим, что количество калия в вариантах контроль и NP возрастало за счет перехода необменной формы этого элемента в доступное растениям состояние, а также использования калия из подпахотных горизонтов почвы, что показано ранее в работах [10;12].

Между показателями содержания калия, определёнными по методам Масловой и Кирсанова, в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава подтверждено наличие чёткой корреляционной зависимости. Коэффициент корреляции между рассматриваемыми методами составляет в легких почвах $R=0,98-0,99$, в тяжелосуглинистой $R=0,90$. Тесная корреляция этих методов, установленная на большом

количестве экспериментального материала, послужила А.Н. Орловой, В. Г. Прижуковой, Р.А. Соколовой основанием для предложения соответствующих коэффициентов пересчёта: 1,25 – для результатов, полученных по методу Кирсанова, а 0,8 – для результатов, полученных по методу Масловой [13].

В таблице 3 приведены фактические и расчетные значения содержания калия, определённого в рассматриваемых образцах с использованием этих коэффициентов. Как видно из приведённых материалов, рассчитанные значения достаточно близки к количественному отношению. Как фактическое, так и расчетное определение содержания доступного калия в исследуемых почвах показывает, что при внесении среднегодовых доз K_{60-90} кг/га в составе органической и минеральной систем удобрения его количество варьирует от низкого до среднего уровня обеспеченности, кроме супесчаной почвы, где со временем (через 36 лет) количество доступного калия достигло повышенного уровня. С увеличением среднегодовых доз калия ($K_{120-180}$) в составе органической и органоминеральной систем в исследуемых почвах отмечается очень высокая, высокая и повышенная обеспеченность доступным калием.

3. Фактическое и расчётное содержание доступного калия в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава

Вариант опыта	Средне-годовая доза K_2O , кг/га	Содержание $K_2O_{обм.}$ (по Масловой), мг/100 г почвы		Содержание $K_2O_{подв.}$ (по Кирсанову), мг/100 г почвы	
		фактиче-ское	расчетное	фактиче-ское	расчетное
<i>Дерново-подзолистая супесчаная (после 36 лет)</i>					
Контроль	-	10.0	10.0	8.3	8.0
NP	-	8.2	8.5	6.8	6.6
NPK	60	18.7	18.4	14.7	15.0
Навоз, 10 т/га	60	-	-	-	-
Навоз, 20 т/га	120	20.7	20.1	16.1	16.6
Навоз + NPK	180	32.4	32.4	25.9	26.0
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая</i>					
Контроль	-	5.2	3.8	3.0	4.2
NP	-	4.3	2.0	1.6	3.4
NPK	89	7.0	6.5	5.2	5.6
Навоз, 15,4 т/га	89	7.0	9.8	7.8	5.6
NPK экв. навозу	89	8.2	8.1	6.5	6.6
Навоз + NPK	178	20.7	23.2	18.6	16.6
<i>Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая</i>					
Контроль	-	11.5	9.5	7.6	9.2
NP	-	12.6	11.8	9.4	10.1
NPK	86	13.8	10.5	8.4	11.0
NPK	123	15.6	16.0	12.8	12.5
NPK	160	15.7	16.0	12.8	12.6

Заключение. Представленные результаты определения калия свидетельствуют о том, что количественная характеристика калийного режима дерново-подзолистых почв неодинакового гранулометрического состава различна даже при внесении схожих доз калия в составе минеральных и органических удобрений. При сравнительной характеристике калийного питательного режима дерново-подзолистых почв с помощью двух методов (обменного K_2O – по Масловой и подвижного – по Кирсанову) установлено, что определение обменного калия по методу Масловой более точно характеризует обеспеченность растений этим элементом, особенно на легких почвах. Основное количество доступного калия в дерново-подзолистых почвах представлено собственно обменными формами, наиболее полно вытесняемыми ионом аммония NH_4^+ , а не протонем солянокислой вытяжки по Кирсанову [14]. Это объясняет расхождение результатов определения калия разными методами.

Как показывают результаты исследований, оба метода не отражают существенных изменений в содержании доступного калия в почвах при внесении невысоких среднегодовых доз K_{60-90} в составе органической и минеральной систем удобрения как на легких, так и на тяжелой почвах. С повышением среднегодовых доз ($K_{120-180}$) и интенсивности баланса калия в

составе органической и органоминеральной систем удобрения достоверное увеличение доступного калия отмечается только в почвах лёгкого гранулометрического состава (супесчаная и легкосуглинистая). В тяжелосуглинистой почве при внесении среднегодовой дозы $K_{123-160}$ в составе минеральной системы удобрения, при более низком уровне интенсивности баланса калия увеличение содержания доступного калия недостоверно.

Проанализированный материал позволяет считать, что использование метода Кирсанова правомочно для массовых анализов. Однако следует отметить, что в каждом конкретном случае количество калия (мг/100 г почвы), извлекаемое при анализе этими методами, может различаться в зависимости от гранулометрического состава почв и доз внесения удобрений.

Литература

1. Прокошев В.В., Дерюгин И.П., Ефремов Е.Н. О методах определения доступных форм калия в почве // Плодородие. -2005.- №5 (26).- С.15-18. 2. Сычёв В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия // Агрохимический вестник.- 2000.- №5. - С. 30-34. 3. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. - Новосибирск: изд-во СО РАН, 2003. - 230 с. 4. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. - М.: Ледум, 2000. -184 с. 5. Никитина Л.В. Оценка калийного режима разных типов почв и эффективность калийных удобрений в длительных опытах: Дисс. канд. биол. наук.- М., 1994. -131 с. 6. Литвак Ш.И., Бабарина Э.А., Никитина Л.В. Баланс фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах //Химизация сельского хозяйства. - 1991. -№10. - С.18-21. 7. Ва-

женин И.Г., Карасёва Г.Н. Об агрохимических методах определения подвижных форм калия в почвах // Почвоведение.- 1959.- №8.- С. 87-90. 8. Жукова Л.М., Никитина Л.В. Калийный режим почв степной, сухостепной и пустынной зон // Агрохимия. - 1986. - №12.- С. 24-29. 9. Медведева О.П. К вопросу оценки обеспеченности растений доступным калием // Агрохимия. - 1987. - №1. - С.116-138. 10. Лукин С.М. Влияние длительного применения удобрений на показатели калийного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений. Мат-лы науч.- практ. конф.- М.: ЦИНАО, 2002.- С. 47-52. 11. Иванов А.И., И.А. Иванов, Воробьев В.А., Лямцева Е.Г. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения //Агрохимия.- 2009.- №4.- С. -21-26. 12. Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах: Дисс. д.б.н.- Владимир, 2009.- 405 с. 13. Орлова А.Н., Прижужкова В.Г., Соколова Р.А. Корреляционная связь и количественное соотношение между содержанием калия при определении различными методами //Химия в сельском хозяйстве.- 1974.- №4. - С. 50-54. 14. Соколова Т.А., Козлова О.Н., Прокошев В.В., Носов В.В. Возможные механизмы извлечения калия при использовании различных вытяжек для черноземов и дерново-подзолистых почв разного гранулометрического и минералогического состава // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений. Мат-лы науч.- практ. конф.- М.: ЦИНАО, 2002.- С. 227-234.

COMPARISON OF METHODS FOR ASSESSING THE POTASSIUM STATUS OF SODDY-PODZOLIC SOILS WITH DIFFERENT TEXTURES

L.V. Nikitina¹, S.M. Lukin², M.P. Listova¹

¹Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

²All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat, Russian Academy of Agricultural Sciences, Vyatkinо, Sudogda raion, Vladimir oblast, 601390 Russia

Two standardized methods for determining exchangeable potassium in soddy-podzolic soils of different textures have been compared.

Keywords: soddy-podzolic soils, long-term experiments, methods of determining exchangeable and mobile potassium in soils, potassium rates, potassium balance intensity.