

КАЛИЙ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ

И.Д. Давлятин, д.б.н., Казанский ГАУ, А.А. Лукманов, к.б.н., ЦАС «Татарский»,  
А. Бадиков, Казанский ГАУ

Рассмотрена динамика подвижных форм калия на фоне особенностей выветривания горных пород, минералов и применения удобрений в условиях лесостепной зоны.

Ключевые слова: валовой и подвижный калий, первичные и вторичные минералы, лесостепные почвы, выветривание, баланс, удобрения, урожайность культур.

Калий в почве и растениях содержится в катионной форме, а его соединения хорошо растворяются, что обуславливает основную физиологическую его функцию. В клетках калий регулирует осмотическое давление, что важно для создания благоприятного режима поглощения элементов питания из почвенной суспензии. Также велика физиологическая роль калия в транспортировке продуктов фотосинтеза в органы накопления товарной продукции – крахмала в клубни, сахара в корнеплоды, углеводов в зерна злаковых культур, что повышает натуральный вес последних (Прокошев, Дерюгин, 2000; Минеев, 2004). Общеизвестно участие калия в процессах метаболизма, в регулировании работы ферментативных систем, повышении морозостойкости озимых культур (Ильин, 1985).

Содержание калия в почвах наследуется от почвообразующей породы, его количество зависит от генезиса материнской породы, условий выветривания, почвообразования и химических свойств самого элемента. В результате этих процессов в почвах различают несколько форм калия по степени подвижности и пригодности для поглощения корневой системой растений, они находятся в равновесном состоянии, что не исключает перехода из одной формы в другую. Для питания растений наиболее важны водорастворимая и обменная формы калия (Важенин, Карасева, 1959; Гобунов, 1965; Пчелкин, 1966; Минеев, 1999; Прокошев, Дерюгин, 2000; Сычев, 2003; Якименко, 2008; Сискевич, Никонова, 2009; Петрофанов, 2012 и др.).

Калий присутствует в первичных минералах, таких как биотит, мусковит, калиевые полевые шпаты, что, как правило, представлено в крупных фракциях гранулометрического состава почв диаметром более 0,001мм. Калий также содержится в составе глинистых минералов в иллитной фракции – диаметром менее 0,001 мм. Богаты этим элементом минералы гидрослюд, содержание в них оксида калия достигает 8% (Горбунов, 1965). Соответственно тяжелые почвы более богаты калием, чем легкие.

Процесс выветривания пород протекает интенсивно при оптимальном сочетании тепла и влаги, продукты выветривания, в том числе основания (Са, Mg, К, Na), выносятся из почвенного профиля, согласуясь с коэффициентом увлажнения местности. Так, в бореальном и суббореальном поясах (дерново-подзолистые и бурые почвы) содержание валового калия составляет 1,92±0,10 – 2,27±0,17%, а в условиях тропического и субтропического почвообразования – 0,70±0,11% (Важенин, 1965).

Таким образом, содержание валового калия в почвах четко дифференцируется в зависимости от экологической обстановки.

**Методика.** Содержание валовых форм калия анализируют по материалам сотрудников кафедры почвоведения Казанского федерального университета (Винокуров, 1962; Колоскова, 1985), а содержание обменного калия – по материалам ЦАС «Татарский» за 1964-2011 гг. В обработке фактического материала использованы принятые методы математической статистики. В составе почвенного покрова пашни преобладают серые лесные почвы, лесостепные, черноземы и дерново-подзолистые почвы.

**Результаты и их обсуждение.** Содержание валового калия в почвах определяется в основном составом почвообразующих пород. В процессе почвообразования происходит лишь его профильное перераспределение, наблюдается некоторая аккумуляция в верхнем гумусовом горизонте почв.

Субстратом формирования для всех зональных почв Республики Татарстан являются четвертичные отложения делювиального, элювиально-делювиального и элювиального происхождения, содержание калия в пахотном горизонте почв изменяется в относительно узком диапазоне – от 2,19 до 1,93%, при варьировании отдельных показателей от 1,46 до 2,83% (табл.1). Такое распределение объясняется типовой принадлежностью почв, с одной стороны, и генетическими особенностями почвообразующих пород, с другой.

1. Содержание валового калия в тяжелосуглинистых разновидностях зональных пахотных почв, %

Горизонт	n	Min.	Max.	M	σ	±m	C, %
<i>Дерново-подзолистые почвы</i>							
A <sub>пах</sub>	6	1,46	2,35	1,79	0,178	0,073	10,0
B	4	1,72	1,93	1,94	0,169	0,085	8,7
C	4	1,60	1,98	1,74	0,166	0,083	9,5
<i>Серые лесные почвы</i>							
A <sub>пах</sub>	12	1,47	2,83	1,87	0,359	0,104	19,2
A <sub>2</sub> B	3	1,71	2,00	1,89	0,155	0,090	8,2
B	4	1,68	2,08	1,90	0,174	0,087	9,2
<i>Черноземы лесостепные</i>							
A <sub>пах</sub>	8	1,57	2,35	1,93	0,247	0,087	12,8
B	6	1,52	1,93	1,77	0,196	0,080	11,1
C	6	1,43	1,75	1,58	0,145	0,059	9,2
<i>Все почвы</i>							
A <sub>пах</sub>	26	1,46	2,83	1,84	0,214	0,042	11,6
A <sub>2</sub> B	6	1,71	2,00	1,84	0,125	0,051	6,8
B	14	1,52	2,13	1,85	0,186	0,050	10,0
C	10	1,45	2,07	1,73	0,196	0,062	11,3

Среднее содержание калия в почвах Республики Татарстан ниже среднего значения валового калия в литосфере (по А.П. Виноградову, 1957) и равно 2,60%, но выше среднего значения в почвах мира (1,36%). Содержание калия в почвах, безусловно, корректируется мобильностью соединений этого элемента в водной среде, что подтверждается результатами исследований ведущих специалистов. В магматических породах содержание К<sub>2</sub>О 3,88-4,65% (по Дели, 1936; цит. по Ковде, 1973), а в осадочных породах – 0,33-3,28%. В.В. Добровольский осадочные породы характеризует содержанием калия, равным 2,00%. Таким образом, снижение среднего содержания калия в осадочных породах, безусловно, связано с мобильностью этого элемента в водной среде. Это положение подтверждает также наличие связи между коэффициентами увлажнения местности и количеством калия в коре выветривания и зональных почвах.

Несмотря на элиминирование влияния гранулометрического состава (анализируются суглинистые и глинистые разновидности), наблюдается дифференциация зональных почвенных типов по содержанию калия, где его показатели выше в черноземах, чем в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Одновременно отмечена профильная дифференциация содержания валового калия: в черноземах более высокие его показатели в гумусовом горизонте, что обусловлено биофильностью этого элемента, а в дерново-подзолистых и серых лесных почвах – в иллювиальном горизонте В, что связано с процессами выноса из верхних горизонтов и аккумуляции почвенных коллоидов в горизонте В. Это также подтвержда-

ется минимальными данными содержания калия в почвообразующей породе.

Как известно, источником подвижных форм калия в почвах являются валовые их запасы, а переход в подвижный фонд калия происходит в процессе выветривания и разложения горных пород и минералов. В первичных минералах калий содержится в полевых шпатах (ортоклаз, микроклин) – до 10-12% и в калийных слюдах – до 8-10% (мусковит, биотит, флогопит). При выветривании и биохимическом разложении слюд, полевых шпатов формируются вторичные глинистые минералы – типа гидрослюд, каолинита, монтмориллонита, смешанослюстых и хлорита. В них содержание калия достигает до 8%.

В почвах первичные минералы сосредоточены в основном в частицах крупнее 0,001-0,002 мм, а вторичные – в составе частиц менее 0,001 мм. Соотношение этих частиц и степень выветривания пород определяют концентрацию оксида калия. В осадочных горных породах, подверженных долгое время выветриванию и разложению, калий находится в основном в составе глинистых минералов. Высокое содержание калия в составе частиц меньше 0,001 мм и тонкой пыли серой лесной почвы Владимирского ополья отмечают Д.В. Карпова и Н.П. Чижикова (2008). В.Д. Тонконогов (1971 цит. по В.А. Ковде и Б.Г. Розанову, 1988) отмечает высокую концентрацию калия в составе илистой фракции песчаного подзола Русской равнины.

Противоположную картину наблюдали Н.Н. Пигарева и Н.А. Пьянкова (2009) в почвах Бурятии. На фоне высокого содержания валового калия почв (2.1-3,5%) их илистая фракция имеет минимальное, а более крупные частицы (песок и пыль) – максимальное количество калия. Безусловно, такое парадоксальное явление связано со слабой степенью выветривания горных пород в условиях степной и лесостепной зон Сибири.

По В.У. Пчелкину (1966) калий в почвах представлен следующими формами: водорастворимый; обменный; труднообменный или резервный калий почвы, а также фиксированный; необменный; нерастворимый алюмосиликатов; органической части почвы (микробы, органические остатки).

Наиболее изменчивы водорастворимые и обменные формы калия, они служат основой питания культур и соответственно больше отчуждаются из почвы. Несмотря на постоянное отчуждение этого макроэлемента в экстенсивном земледелии пахотные почвы имеют среднюю, повышенную и высокую степень обеспеченности обменным калием (табл. 2). Использование удобрений не внесло существенного изменения в баланс калия. В эти годы и в настоящее время, за исключением небольшого периода (1985-1990 г.), наблюдается отрицательный баланс калия, а степень восполнения элемента в 2008 г. составила всего 34% (Чекмарев, Лукманов, Нуриев, 2011).

Содержание подвижного (обменного) калия повышалось с 1965 по 1997 гг. – с 125,0 до 137,8 мг/кг почвы. В дальнейшем оно изменялось с 133,0 до 140,5 мг/кг почвы. Таким образом, на фоне отрицательного баланса калия наблюдается повышенное содержание обменного калия, что на наш взгляд, объясняется подпиткой обменной формы калия из более труднодоступных и необменных форм.

Такая ситуация наблюдается во многих регионах суббореального пояса. В Липецкой области констатируют (Сискевич, Никонова, 2006) существование подвижного равновесного состояния между содержанием обменного и необменного калия в почвах. По мере отчуждения запасы обменного калия пополняются за счет труднорастворимых его форм, что подтверждается относительно узким диапазоном колебания содержания обменного калия, свидетельствуя о формировании урожая культур за счет почвенных запасов.

## 2. Содержание подвижного калия в пахотных почвах Республики Татарстан, %

Тур обследования	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое	Очень высокое	Средневзвешенное K <sub>2</sub> O, мг/кг
I – 1965-1970 (1967)	1,0	10,3	22,6	17,8	35,0	13,3	125,0
II – 1971-1979 (1975)	0,5	8,6	26,4	20,8	31,7	12,2	133,0
III-1980-1985 (1983)	0,4	5,6	21,7	31,3	33,9	7,1	130,5
IV-1986-1990 (1988)	0,4	5,5	20,5	32,0	33,4	8,2	132,0
V- 1991-1995 (1993)	0,1	3,0	18,1	34,4	34,6	9,8	137,8
VI- 1996-2000 (1998)	0,2	2,7	17,8	39,3	32,1	7,9	135,9
VII- 2001-2005 (2003)	0,3	3,1	17,4	39,1	31,8	8,3	134,8
01.01. 2006	0,3	3,7	19,3	36,8	32,0	7,9	133,2
01.01.2007	0,2	3,3	19,8	37,5	31,5	7,7	133,1
01.01.2008	0,1	3,5	20,0	36,9	31,6	7,9	133,0
01.01.2009	0,1	3,2	18,6	36,0	33,0	9,1	135,6
01.01.2010	0,1	3,2	17,9	35,0	33,7	10,1	137,4
01.01.2011	0,2	3,3	17,0	32,8	35,5	11,2	139,3
01.01.2012	0,2	3,3	16,4	31,9	35,6	12,6	137,7
01.01.2013	0,2	3,5	17,0	31,3	34,7	13,3	140,5

**Закключение.** Положительная динамика обменного калия проявляется в почвах суббореального и бореального поясов, объясняется переходом его из необменного фонда валового калия в условиях благоприятного увлажнения и теплообеспеченности. Скорость этого процесса определяется наличием запасов невыветрелых минералов в составе минеральной фазы почвы, экологической обстановкой и особенностями хозяйственной деятельности.

### Литература

1. *Важенин И.Г.* Методы определения калия в почве / Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – С. 128–164.
2. *Важенин И.Г., Карасева Г.И.* О формах калия в почве и калийном питании растений // Почвоведение. – 1959. № 3. – С. 11-21.
3. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 250 с.
4. *Винокуров М.А. и др.* Почвы Татарии. – Казань: Изд-во КГУ, 1962. – 420 с.
5. *Винокуров М.А., Колоскова А.В.* Черноземы Татарии. – Казань: Изд-во КГУ, 1976. – 197 с.
6. *Горбунов Н.И.* Минералогия и физическая химия почв. – М.: Наука, – 1978. – 170 с.
7. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. – М.: Академия, 2006. – 398 с.
8. *Ильин Б.В.* Элементный химический состав растений. – Новосибирск: Наука, 1985. – 129 с.
9. *Карпова Д.В., Чижикова Н.П.* Оценка резервов элементов питания растений почв Владимирского ополья // Агрохимический Вестник. – 2008. – № 4. – С. 10 – 11.
10. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. – М.: Наука. Кн.1, 1973. – 448 с.
11. *Ковда В.А.* Почвоведение. Почва и почвообразование. Ч.1. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
12. *Колоскова А.В.* Калий в почвах Волжско-Камской лесостепи. – Казань: Изд-во КГУ, 1985. – 120 с.
13. *Минеев В.Г.* Агрохимия и экологические функции калия. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
14. *Петрофанов В.Л.* Роль гранулометрических фракций почв в сорбции и десорбции калия // Почвоведение. – 2012. – №6. – С. 668-681.
15. *Пигарева Н.Н., Пьянкова Н.А.* Калийный фонд Бурятии // Плодородие. – 2009. – № 3. – С.8-9.
16. *Прокошев В.В., Дерюгин И.П.* Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
17. *Сискевич Ю.И., Никонова Г.Н.* Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области // Агрохимический Вестник. – 2006. – № 6. – С. 2-4.
18. *Сычев В.Г.* Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.
19. *Пчелкин В.У.* Почвенный калий и калийные удобрения. – М., 1966. – 336 с.
20. *Чекмарев П.А., Лукманов А.А., Нуриев С.Ш.* Плодородие и продуктивность почв Республики Татарстан. – Казань, 2011. – 245 с.
21. *Якименко В.Н.* Эффективность регулирования режима калия в агроценозах // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С.3-6.

## Potassium in arable soils of the forest-steppe

*I.D. Davlyatshin<sup>1</sup>, A.A. Lukmanov<sup>2</sup>, A. Badikov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Kazan State Agrarian University, ul. Karla Marksa 65, Kazan, 420015 Russia*

<sup>2</sup>*Tatarskii Center of Agricultural Service, ul. Seleksionaya 1a, Kazan, 420059 Republic of Tatarstan, Russia*

*The dynamics of mobile potassium forms has been considered in relation to weathering features of hard rocks and minerals and the application of fertilizers in the forest-steppe zone.*

*Keywords: total and mobile potassium, primary and secondary minerals, forest-steppe soils, weathering, balance, fertilizers, crop yield.*

УДК 631.879.3 : 633.14 «324»