

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ В ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Панасин, д.с.-х.н., С.И. Новикова, к.б.н., Д.А. Рымаренко, к.б.н., ЦАС «Калининградский»

Приведена динамика содержания подвижного калия в почвах агроландшафтов Калининградской области за 1965-2014 гг. Показано, что в период 1975-1990 гг. изменение содержания подвижного калия определялось преимущественно объемом применения удобрений. Снижение содержания подвижного калия в последние годы происходит под действием нескольких факторов: кислотности, гранулометрического состава, интенсивности и вида использования.

Ключевые слова: подвижный калий, почвы, фиксация, вымывание, подкисление.

Воспроизводство плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – необходимое условие эффективного ведения сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности страны. Особенно актуальна эта задача в Нечерноземной зоне России, где преобладают дерново-подзолистые почвы, имеющие относительно низкое естественное плодородие.

Один из основных макроэлементов, способных лимитировать продуктивность агроэкосистем – калий. Роль этого элемента в жизнедеятельности растений и влияние его на урожайность в литературе описаны достаточно подробно [1, 2]. Оптимальное калийное питание увеличивает зимостойкость растений, их устойчивость к засухе, переувлажнению и другим неблагоприятным факторам.

Исследования обеспеченности почв калием и влияния калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур проводились на территории современной Калининградской области с начала прошлого века. Было установлено, что более трети почв бывшей Восточной Пруссии недостаточно обеспечены доступными для растений формами калия. Эффективность калийных удобрений проявлялась преимущественно на почвах относительно легкого гранулометрического состава – супесчаных и легкосуглинистых [3].

В ходе работы Комплексной экспедиции АН СССР на территории Калининградской области (1949-1952 гг.) было установлено, что большая часть (52-54%) почв региона имеет содержание подвижного калия менее 10 мг на 100 г почвы [4]. Была установлена прямая зависимость содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах от гранулометрического состава и степени окультуренности, при этом в почвах легкого гранулометрического состава содержание подвижного калия определялось главным образом степенью окультуренности [4].

С 1965 года агрохимической службой проводится систематический мониторинг содержания подвижного калия в почвах сельскохозяйственных угодий региона. К настоящему времени проведено девять туров агрохимического обследования. За этот период отобрано и проанализировано свыше миллиона образцов почв. Для детального исследования динамики агрохимических свойств почв были заложены реперные участки на основных разновидностях почв.

В регионе преобладают дерново-подзолистые почвы. Они занимают около 80% площади сельскохозяйственных угодий Калининградской области, дерновые карбонатные и дерновые глеевые – 7,3%, аллювиальные – 8,2%, торфяные и болотные – 4,4%, прочие – 0,1% [5]. Природно-климатические условия почвообразования определяют преобладание полугидроморфных разновидностей (табл. 1).

1. Распределение дерново-подзолистых почв по гранулометрическому составу и степени переувлажнения, %

Гранулометрический состав	Почвы		
	автоморфные	глееватые	глеевые
Песчаный	66,4	29,1	4,5
Супесчаный	40,8	50,5	8,7
Легкосуглинистый	19,0	72,5	9,3
Среднесуглинистый	10,7	74,3	15,0
Тяжелосуглинистый	12,2	67,0	20,8
Глинистый	5,8	46,7	47,5

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет около 720 тыс. га.

Методика. Отбор почвенных образцов проводился согласно ГОСТ 28168-89. В образцах почв и почвообразующих пород подвижный калий определяли по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011). Анализ почвенных образцов на другие агрохимические показатели проводился по стандартным гостированным методикам, принятым в агрохимической службе [6, 7].

Результаты и их обсуждение. Динамика содержания подвижного калия с 1965 г. по настоящее время представлена в таблице 2.

2. Динамика содержания подвижного калия (мг/кг K₂O) в почвах сельскохозяйственных угодий Калининградской области

Годы	Все угодья	Пашня	Сенокос	Пастбище
1965-1969	139	138	137	141
1970-1975	158	161	151	157
1976-1981	179	184	169	175
1982-1987	191	198	176	189
1988-1993	186	196	157	185
1994-1998	175	183	147	176
1999-2004	170	177	143	171
2005-2014	160	167	140	159

Результаты первого тура агрохимического обследования не установили зависимость между содержанием подвижного калия и видом сельскохозяйственных угодий. Вместе с тем была подтверждена зависимость обеспеченности почв подвижным калием от их гранулометрического состава [8]. Максимальным содержанием подвижного K₂O характеризовались почвы Правдинского и Краснознаменского районов, на территории которых господствующими почвообразующими породами являются водно- и озерно-ледниковые тяжелые суглинки и глины, отличающиеся высоким содержанием минералов группы гидрослюд, и, как следствие, высокой обеспеченностью калием. Пониженное содержание подвижного калия отмечалось в почвах Славского района, где широко распространены органогенные почвы, а также в почвах Зеленоградского района, развитых на супесчаной и легкосуглинистой бескарбонатной морене. Таким образом, до начала интенсивной химизации земледелия на содержание подвижного калия влияли главным образом естественные факторы.

В период интенсивной химизации (1975-1990) динамика содержания подвижного калия определялась объемами применения средств химизации земледелия. В этот период был достигнут положительный баланс подвижного калия в пахотных почвах. Однако прирост содержания подвижного калия был несколько ниже расчетного балансовым методом. Вероятно, это связано с относительно высокими объемами известкования. Двухзарядный катион кальция способен вытеснять однозарядный катион калия из обменно-

поглощенного состояния в почвенный раствор [9], увеличивая тем самым инфильтрационные потери элемента с дренажным стоком. Так как кальций легче внедряется в двойной электрический слой почвенных коллоидов, чем однозарядные катионы [10], то избыток обменного кальция в присутствии смешаннослойных глиняных минералов и иллита способствует переходу ионов калия из двойного электрического слоя во внутреннее межпакетное пространство ядра коллоидной частицы [11]. По нашим исследованиям, переход калия в необменно фиксированную форму в известкованных дерново-подзолистых суглинистых почвах может достигать 20% от внесенного с удобрениями K_2O [12].

С начала девяностых годов прошлого века произошло резкое сокращение объемов применения калийных удобрений. В период 1981-1985 гг. в среднем на гектар пашни вносилось 92 кг д.в., тогда как в 1996-2000 гг. – 2,2 кг д.в. Кроме того, многократно сократился объем внесения органических удобрений. В период 2011-2014 гг. объем применения калийных удобрений возрос до 17,3 кг д.в. на 1 га посева. Однако это не компенсирует вынос калия с урожаем и дренажным стоком.

Одним из факторов, влияющих на изменение содержания подвижного калия, является выраженная тенденция к подкислению гумусово-аккумулятивных горизонтов почв. Установлена достоверная прямая корреляционная зависимость между скоростью изменения pH_{KCl} и динамикой содержания подвижного калия ($r=+0,57$), тогда как коэффициент корреляции между изменением величины гидролитической кислотности и содержанием подвижного калия близок к нулю и недостоверен. Вероятно, вследствие близости радиусов и ионного потенциала ионов K^+ и H_3O^+ [10] при подкислении почв наблюдается вытеснение обменно-поглощенного калия ионом водорода, при этом часть калия переходит в почвенный раствор и выносится с нисходящим током в нижележащие горизонты.

Другим фактором, способствующим ускорению потери подвижного калия из гумусово-аккумулятивных горизонтов, может являться, на наш взгляд, проявляющаяся в последнее время тенденция изменения климата в сторону потепления и увеличения количества атмосферных осадков, особенно в осенне-зимний период (октябрь – февраль). В результате этого инфильтрационные потери калия возрастают как вследствие выноса элемента в форме гидратированного катиона с нисходящим током почвенных растворов, так и в результате интенсификации лессиважа.

С учетом специфики группового и фракционного состава гумуса в почвах Калининградской области, выражающейся в значительном преобладании первых фракций гуминовых и фульвокислот, которые не обладают сорбционной способностью в отношении одновалентных катионов, мы не рассматриваем гумусовые вещества как фактор, определяющий миграционную способность калия.

Динамика содержания калия весьма существенно варьирует в зависимости от вида угодья, гранулометрического и минералогического состава почв, водного режима и интенсивности сельскохозяйственного использования. Средняя скорость снижения содержания подвижного калия в последнее время составила около 1 мг/кг в год, при этом в почвах сенокосов – 0,5 мг/кг в год, в почвах пашни – 1, в почвах пастбищ достигает 1,5 мг/кг в год. Одной из главных причин более интенсивного снижения содержания калия в почвах пастбищ является резкое снижение поголовья всех видов скота в девяностые годы. Соответственно, уменьшилось поступление калия с экскрементами животных.

В девяностые годы скорость снижения подвижного калия на пашне была несколько выше, чем на сенокосах. Вероятно, это может быть связано с некомпенсированным выносом калия с отчуждаемой частью урожая. Другой причиной может стать изменение соотношения вносимых с удобрениями элементов минерального питания растений. В опытах установлено, что при использовании калийдефицитной системы удобрения в окультуренной дерново-подзолистой почве достоверно

снижается содержание не только обменного и подвижного калия, но и необменного. При этом темпы потери подвижного и необменного калия со временем возрастают [13]. Использование под пашню дерново-подзолистых почв без внесения калийных удобрений приводит не только к уменьшению запасов калия, но и снижению его подвижности [14]. При нехватке калийных удобрений при внесении отмечается достаточно интенсивная мобилизация калия не только из подвижной формы, но и необменной, а также из алумосиликатов. Это приводит к снижению буферной способности почв и деградации почвенного поглощающего комплекса [15].

Максимальные потери подвижного и необменного калия отмечаются на фоне моноазотной системы удобрения [13]. По-видимому, это связано не только с возрастанием выноса калия с урожаем, но и увеличением инфильтрационных потерь. Вследствие близости радиусов, ионных потенциалов и чисел гидратации ионов K^+ и NH_4^+ [10] константа равновесия реакции обмена $K^+_{(ППК)} + NH_4^+_{(раствор)} \leftrightarrow NH_4^+_{(ППК)} + K^+_{(раствор)}$ должна быть порядка 10^{-1} – 10^0 . Поэтому при повышенной концентрации иона аммония в почвенном растворе часть обменно-поглощенных ионов калия вытесняется в почвенный раствор и выносится за пределы пахотного горизонта с нисходящим током влаги. Кроме того, при наличии в тонкодисперсной фракции почвы иллита, вермикулита и некоторых других минералов при относительно высокой концентрации аммония возможен переход части калия из подвижных форм в кристаллическую решетку минералов.

Направленность процессов почвообразования в условиях умеренно теплого и влажного климата, свойственного для Калининградской области, предопределяет постепенную трансформацию минералов группы слюд и гидрослюд, при этом калий высвобождается из кристаллической решетки. Для дерново-подзолистых почв ежегодное высвобождение калия из необменных форм в обменные составляет 15-30 кг/га [1]. Расчеты и анализ баланса калия на участках локального мониторинга показывают, что в условиях Калининградской области ежегодный переход калия из необменных в подвижные формы достигает 40 кг/га, при этом он возрастает при утяжелении гранулометрического состава.

На экстенсивно используемых и залежных землях наблюдается разнонаправленная динамика содержания подвижного калия, при этом существенную роль в направленности изменения содержания калия играет кислотность [16]. Кроме того, прослеживается зависимость динамики содержания подвижного калия от мезорельефа. В аккумулятивных позициях происходит некоторое накопление подвижного калия, тогда как в автономных и транзитных позициях ландшафта, как правило, преобладают процессы выноса [17]. Отмечен некоторый рост содержания подвижного калия на полугидроморфных суглинистых почвах, развитых на водно-ледниковых суглинках и глинах. На супесчаных и легкосуглинистых почвах на моренных бескарбонатных отложениях среднегодовые потери K_2O достигают 2 мг/кг. Примерно такие же значения характерны и для осушаемых торфяных почв Куршской низменности.

Заключение. Таким образом, при сохранении нынешних объемов применения минеральных и органических удобрений в ближайшие десятилетия усилится дифференциация почвенного покрова агроландшафтов по содержанию и запасам подвижного калия. Можно ожидать некоторого роста скорости потери калия в связи с подкислением почв. В перспективе содержание подвижного K_2O , наряду с кислотностью, может стать основным агрохимическим фактором, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур.

В современных экономических условиях в составе мероприятий по регулированию калийного режима почв сельскохозяйственных угодий целесообразны внесение органических удобрений, известкование кислых почв, возделывание сидеральных культур. В условиях Калининградской области актуально внедрение предложенной нами технологии реутилизации элементов минерального

питания из подпахотного горизонта [18], особенно на среднесуглинистых, тяжелосуглинистых и глинистых почвах.

Литература

1. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2006. – 720 с.
2. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Адыгея, 2003. – 1028 с.
3. Важенин И.Г. Агрохимическая служба и практика применения удобрений в б. Восточной Пруссии / И.Г. Важенин // Агрохимические работы в Калининградской области. – М.: Изд-во АН СССР. – С. 20-39.
4. Важенин И.Г. Агрохимическая характеристика почв / И.Г. Важенин, В.И. Белякова // Агрохимические работы в Калининградской области. – М.: Изд-во АН СССР. – С. 40 – 70.
5. Панасин В.И. Микроэлементы и урожай / В.И. Панасин. – Калининград: Калининградское кн. изд-во, 2000. – 276 с.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булакова. – М.: 2003. – 195 с.
7. Агрохимические исследования почв / В.И. Панасин, Г.Г. Комовникова, Е.П. Рыжова и др. – Калининград: БГАРФ, 2008. – 148 с.
8. Панасин В.И. Агрохимические свойства почв Калининградской области и применение удобрений / В.И. Панасин. – Калининград: Калининградское книжное издательство, 1974. – 272 с.
9. Небольсин А.Н. Теоретические основы известкования кислых почв / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – С.-Пб: ЛНИИСХ, 2005. – 252 с.
10. Возбуждая А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуждая. – М.: Высшая школа, 1964. – 398 с.
11. Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 336 с.
12. Панасин В.И. Агрохимические основы известкования кислых почв Калининградской области. Ч. 2 / В.И. Панасин, В.Д. Слобожанинова. – Калининград: Изд-во КГУ, 2003. – 231 с.
13. Лямцева Е.Г. Трансформация калия почвы на фоне калийдефицитных систем удобрения / Е.Г. Лямцева, А.И. Иванов // Агрохимический вестник. – 2008. – №4. – С. 14-16.
14. Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах: Автореф. дис. ...докт. биол. наук. – М., 2009. – 40 с.
15. Минеев В.Г. Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия / В.Г. Минеев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – №1. – С. 3-9.
16. Анциферова О.А. Динамика показателей плодородия на залежных землях Калининградской области / О.А. Анциферова // Агрохимический вестник. – 2008. – №2 – С. 2-3.
17. Анциферова О.А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова / О.А. Анциферова. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. – 315 с.
18. Панасин В.И. Вторичное использование запасов элементов питания в почве / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко // Деграция почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия. Материалы I международной конференции 24-28 сентября 2001 г. – Ставрополь, 2001. – С. 165-166.

DYNAMICS OF MOBILE POTASSIUM IN SOILS OF AGROLANDSCAPES IN KALININGRAD REGION

V.I. Panasin, S.I. Novikova, D.A. Rymarenko

Kaliningradskii Center of Agrochemical Service, ul. Molodoy Gvardii 2/4, Kaliningrad, 236038 Russia,

e-mail: agrohimi_39@mail.ru

The dynamics of mobile potassium in soils of agrolandscapes of the Kaliningrad region during the period of 1965-2014 has been analyzed. It has been shown that the changes in the content of mobile potassium mainly depended on the application of fertilizers in 1975-1990. In the last period, the content of mobile potassium is reduced under the effect of several factors: acidity, particle size distribution, and land use.

Keywords: nitrogen and phosphate fertilizers, humus content, mobile P_2O_5 and K_2O , pH_{KCl} .