УДК 631.4

ПРИРОДНЫЕ ЗАПАСЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В АГРОЧЕРНОЗЁМАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ ПРИ АГРОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Н.П. Чижикова, д. с.-х. н., Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
С.Н. Шкабарда, Ставропольский НИИСХ

Проведена дифференцированная оценка запасов калия и магния, выявлены изменения их резервов в зависимости от интенсивности использования почв в агроландшафтах в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на примере полигона «Агроландшафт». Отмечено развитие процессов разрушения минералов – источников зольного питания растений вследствие подкисления почв от повышенных доз минеральных удобрений.

Ключевые слова: калий, магний, резерв общий, непосредственный, ближний, потенциальный, минералы, удобрения.

Одна из глобальных задач современности – разработка и освоение модели устойчивого развития биосферы [2, 8], которые во многом зависят от состояния почв и буферности почвенного покрова. Рациональное использование и охрана земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве, особенно в регионах с интенсивным антропогенным воздействием на природную среду, возможны лишь при создании и освоении адаптивно-ландшафтного земледелия. При этом учёт природных особенностей конкретной территории осуществляют на основе агроэкологической оценки земель [8], интегральным показателем состояния и ценности которых является почвенное плодородие [2, 10].

В формировании плодородия почв, особенно их пищевого режима, определяющее место принадлежит минералам. Они являются источником питательных веществ для растений, содержат калий, кальций, магний, железо, фосфор, микроэлементы [5, 6]. От глинистых минералов зависят и физико-химические свойства: поглотительная способность, буферность, связность, набухание, водопроницаемость.

На основании минералогического состава гранулометрических фракций почв и присутствия в ППК и растворах питательных элементов Н.И. Горбуновым в 70-80-ых гг. было предложено разделить их валовые количества на непосредственный, ближний и потенциальный резервы [4-6]. Эту схему в дальнейшем детализировали с помощью полученных экспериментальных данных по устойчивости минералов к выветриванию [7]. За последний период накоплен значительный материал по запасам элементов питания для разных типов почв в различных странах. Однако до настоящего времени недостаточно данных об изменении валового состава почв, распределенного по резервам, в зависимости от степени антропогенного воздействия в агроландшафтах юга России [9, 11-13].

Цель настоящей работы – проведение дифференцированной оценки запасов основных элементов питания растений (калия и магния), выявление изменений их резервов в зависимости от интенсивности использования почв в агроландшафтах на примере полигона «Агроландшафт».

Объекты и методы исследований. Объект изучения – черноземы обыкновенные слабогумусированные различного гранулометрического состава, залегающие на разных элементах рельефа и развитые на литологически разнородных отложениях. Исследования проводили в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края в условиях Ташлянского ландшафта байрачных лесостепей. Разрезы заложены на территории экспериментального полигона «Агроландшафт» Ставропольского НИИСХ, основанного в 1996 г. с целью разработки системы рационального землепользования на адаптивно-ландшафтной основе.

Почвы изучали на трёх структурных единицах ландшафта (таксонах) полигона (A_1 – окраине плакора, A_2 – верхней и A_3 – нижней частей склона юго-восточной экспозиции), лежащих на одной катене, при разной интенсивности их использования. Исследования осуществляли в восьмипольном полевом севообороте с различным уровнем применения удобрительных средств: 1) контроль – без удобрений, 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$, 3) $N_{120}P_{120}K_{120}$. В севообороте возделывали следующие культуры: рапс – озимая пшеница – горох – озимая пшеница – подсолнечник – яровой ячмень – соя – озимая пшеница. Удобрения применяли ежегодно в течение семи лет – с осени 1999 г. по осень 2005 г., т.е. за этот период всего было внесено по вариантам опыта $N_{420}P_{420}K_{420}$ и $N_{840}P_{840}K_{840}$.

Сепарирование образцов почв по фракциям <1 мкм, 1-5, 5-10 мкм проводили по методике Н.И. Горбунова (1972). Валовые калий и магний в образцах почв и выделенных из них фракций определяли на рентгенофлюоресцентной установке VRA – 30, обменный калий – по Мачигину (ГОСТ 26205-91), поглощенный магний – по И.В. Тюрину в модификации Иванова. Расчет запасов (резервов) элементов питания выполнен по методике, предложенной Н.И. Горбуновым (1972).

Общий резерв элементов определяют валовым анализом почв, он включает непосредственный, ближний и дальний резервы. Элементы, которые определяют при помощи агрохимических (солевых) вытяжек, относятся к непосредственному резерву, так как они доступны растениям. Элементы, содержащиеся в илистой фракции, образуют ближний резерв. Сюда входят минералы группы слюд, к которым относятся мусковит (калийная слюда – $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$, серицит – тонкочешуйчатая разновидность мусковита, биотит (железистая слюда – $KFe_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$, флогопит (магнезиальная слюда – $KMg_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$. По Н.И. Горбунову (1974), в диоктаэдрических слюдах количество K_2O колеблется от 7 до 8%, в биотите – 8,1 во флогопитах – 9,9% [1]. К дальнему, или потенциальному запасу относятся элементы во фракции крупнее ила (> 1-2 мкм).

Результаты и их обсуждение. Для оценки естественных, природных запасов питательных веществ в почвах полигона «Агроландшафт» использованы данные, полученные в контрольных вариантах без внесения удобрений. В целом почвы полигона характеризуются довольно высоким общим резервом калия, количество которого варьирует от 1940 до 2479 мг/100 г в 0-10 см слое почв всех таксонов (табл. 1), что типично для чернозёмов [1, 4].

Большая часть калия (51,3-68,1% валового содержания) в почвах всех таксонов полигона сосредоточена в потенциальном резерве. На долю ближнего запаса приходится 31,0-47,8%. Самый незначительный – непосредственный резерв (0,8-0,9%), который свидетельствует о низкой обеспеченности калием почв контроля на таксонах A_1 и A_2 (соответственно 16 и 18 мг/100 г) и средней (23 мг/100 г) на таксоне A_3, т.е. культуры, интенсивно и много потребляющие калий, в некоторые годы могут нуждаться в калийных удобрениях. Но при высоком уровне агротехники и хорошей влагообеспеченности почв калий легко переходит из ближнего резерва, который достаточно высок, в непосредственный.

Так, если при урожайности 20 ц/га подсолнечник ежегодно выносит 268 кг K_2O, то только в пахотном слое (0-20 см) ближнего резерва калия хватит на таксоне A_1 на 68 лет, A_2 – 49 и A_3 – на 97 лет. Для озимой пшеницы, основной зерновой культуры Ставропольского края, при урожайности 35 ц/га эти показатели составляют, соответственно, 260; 189 лет и 372 года.

1. Дифференцированная оценка запасов калия в 0-10 см слое почв полигона «Агроландшафт»

Таксон	Вариант опыта	Ил, %	Содержание калия, %		Резерв калия, мг/100 г			
			в почве	в иле	потенциальный	ближний	непосредственный	общий
A_1	Контроль	21,7	2,065	3,809	1222	827	16	2065
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	17,4	2,092	3,764	1419	655	18	2092
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	20,7	2,095	3,541	1342	733	20	2095
A_2	Контроль	18,1	1,940	3,321	1321	601	18	1940
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,8	2,301	3,691	1436	842	23	2301
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	22,8	2,032	4,128	1067	941	24	2032
A_3	Контроль	31,8	2,479	3,725	1271	1185	23	2479
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	28,0	2,634	3,245	1697	909	28	2634
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	30,6	2,683	3,748	1504	1147	32	2683

Общие запасы магния также значительны – 1615-3475 мг/100 г (табл. 2).

2. Дифференцированная оценка запасов магния в 0-10 см слое почв полигона «Агроландшафт»

Таксон	Вариант опыта	Ил, %	Содержание магния, %		Резерв магния, мг/100 г			
			в почве	в иле	потенциальный	ближний	непосредственный	общий
A_1	Контроль	21,7	1,615	2,306	1038	500	77	1615
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	17,4	1,287	3,396	638	591	58	1287
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	20,7	1,358	3,070	665	635	58	1358
A_2	Контроль	18,1	1,652	3,852	897	697	58	1652
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	22,8	1,002	3,399	150	775	77	1002
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	22,8	1,400	2,611	747	595	58	1400
A_3	Контроль	31,8	3,475	10,494	52	3337	86	3475
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	28,0	3,646	12,485	54	3496	96	3646
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	30,6	2,961	8,173	364	2501	96	2961

В почве контрольных вариантов на окраине плакора (A_1) и в верхней части склона (A_2) в распределении магния по резервам проявляется такая же закономерность, как и при дифференцировании содержания калия. Так, в контроле наибольшее количество MgO сосредоточено в потенциальном резерве: 64,3% валового запаса на таксоне A_1 и 54,3% – A_2. Удельный вес ближнего резерва составляет, соответственно, 30,9 и 42,2%, непосредственного (в поглощающем комплексе) – 4,8 и 3,5%, т.е. магния много в ближнем и потенциальном резервах, но мало в непосредственном.

В нижней части склона (A_3), где почва полигона самая плодородная, основная часть магния образует ближний резерв – 96,0%. Такое высокое содержание MgO в илистой фракции связано с наличием в ней большого количества магнийсодержащих минералов: хроритов, смешанослойных хлорит-смектитов. Удельная доля непосредственного резерва равна 2,5%. Наименьшее количество MgO заключено в потенциальном резерве – 1,5%.

Наибольшие общие запасы калия и особенно магния отмечены в агрочерноземах нижней части склона, которые имеют и повышенное содержание ила по сравнению с почвой таксонов A_1 и A_2. Здесь количество общего калия выше на 414 и 539 мг/100 г, магния – на 1860 и 1823 мг/кг, чем в почве вариантов без внесения удобрений на таксонах A_1 и A_2, соответственно.

Содержание характеризуемых показателей, дифференцированное по запасам, под воздействием различных доз полного минерального удобрения изменяется в почве разных таксонов полигона «Агроланшафт» следующим образом. На окраине плакора (A_1) внесение удобрений практически не влияло на содержание в почве общего K_2O, хотя можно отметить некоторое его повышение в вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 27 мг/100 г, $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 30 мг/100 г, или, соответственно, на 1,3 и 1,4% относительно контроля (рис. 1). Данные об изменении количества валового калия, которое во всех вариантах равно 2,1%, не позволяют сделать выводы о влиянии различных доз удобрений на обеспеченность почвы этим элементом. Совершенно иначе выглядят те же результаты при разделении общего K_2O на запасы. В почве вариантов, где вносили удобрения, содержание калия в непосредственном и потенциальном резервах заметно возросло, а в ближнем – сократилось. Увеличение количества K_2O в непосредственном запасе находится в прямой зависимости от доз применяемых удобрений и составляет 12,5% в варианте с дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 25,0% – с дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ относительно контроля.

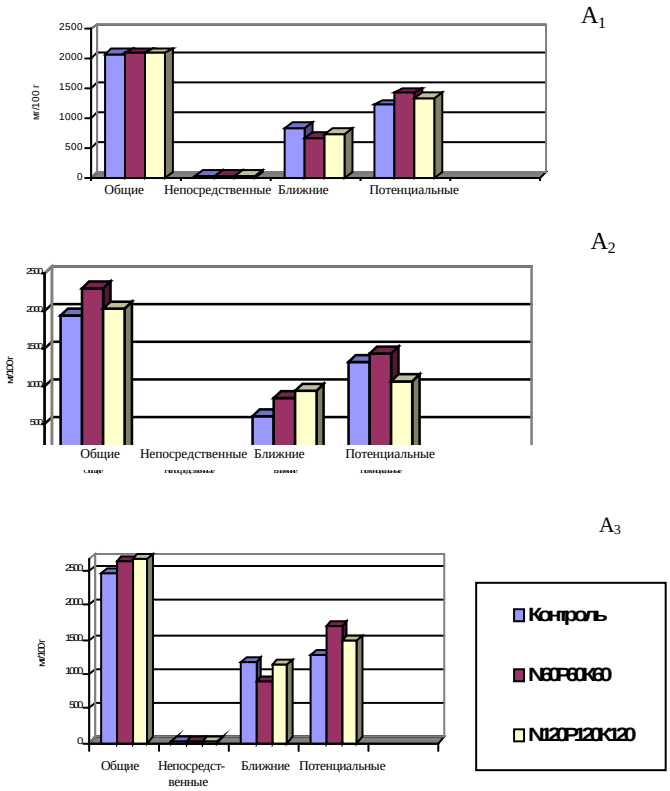

Рис. 1. Запасы калия в 0-10 см слое почвы таксонов A_1, A_2 и A_3

Эти изменения связаны с переходом калия в непосредственный и потенциальный резервы из ближнего. Содержание K_2O в ближнем резерве снизилось по сравнению с контролем на 20,8% в почве варианта с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 11,4% – в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$. Потери калия в ближнем резерве, вероятно, обусловлены активизацией процессов разрушения находящихся в илистой фракции минералов-носителей этого элемента в результате подкисления почв от внесения повышенных доз минеральных удобрений [3].

В почвах верхней части склона (A_2) отмечается повышение количества общего калия в вариантах с применением удобрительных средств на 18,6 и 4,7%.

Увеличение общих запасов произошло за счет роста содержания K_2O в непосредственном и, главным образом, ближнем резервах. Накопление калия в ближнем резерве связано как с его переходом из потенциального, так и поступлением с вносимыми удобрениями и необменной фиксацией данного элемента слоистыми минералами смешанослойного типа. Прирост калия в этом резерве составляет 40,1% по сравнению с контролем в варианте с внесением удобрительных средств в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, 56,6% – в дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$, в непосредственном запасе, соответственно, 27,8 и 33,3%. В варианте с внесением $N_{120}P_{120}K_{120}$ отмечается снижение потенциального резерва на 19,2%, что обусловлено разрушением калийсодержащих минералов из-за подкисления почвенного раствора вследствие применения высоких доз удобрений.

В агрочерноземах нижней части склона (A_3) установлены такие же закономерности изменения потенциального, ближнего и непосредственного запасов калия от внесения удобрений, как и на таксоне A_1: увеличение непосредственного и потенциального

резервов при сокращении ближнего. Содержание общего K_2O в вариантах с внесением удобрений возросло прямо пропорционально вносимым дозам.

Содержание валового магния в почве всех таксонов, за исключением варианта с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ на таксоне A_3, под воздействием удобрений сократилось. Наибольшее уменьшение отмечается на таксоне A_2 в варианте с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 39,3% относительно контроля, т.е. почвы потеряли более 1/3 общих запасов этого элемента. В остальных вариантах всех таксонов количество общего магния снизилось на 14,8-20,3%.

На окраине плакора (A_1) при внесении удобрений установлено уменьшение в почве потенциального (на 38,5% от $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 35,9% от $N_{120}P_{120}K_{120}$ по сравнению с контролем) и непосредственного (на 24,7%) резервов при возрастании ближнего, соответственно, на 18,2 и 27,0% (рис. 2).

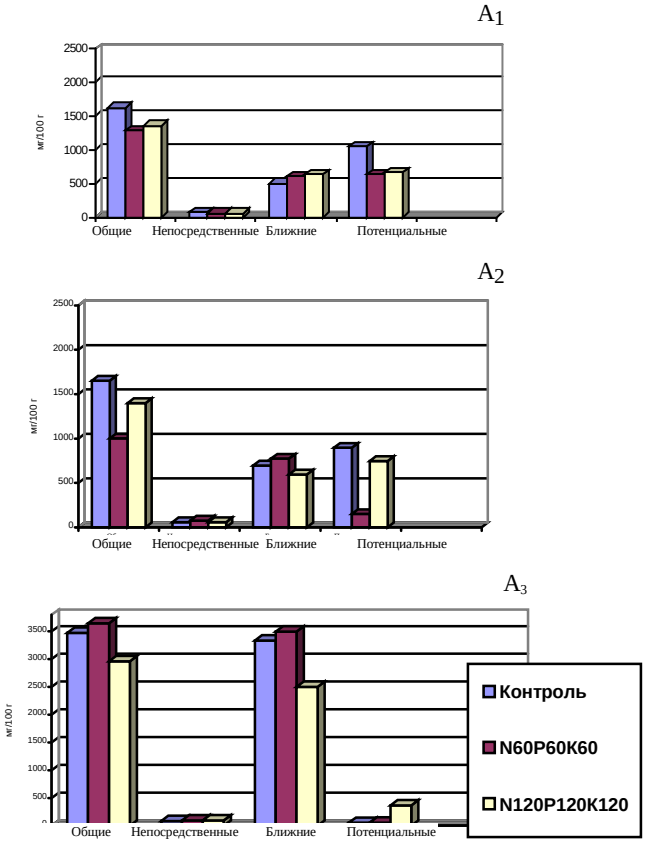

Рис.2. Запасы магния в 0-10 см слое почвы таксонов A_1; A_2; A_3

В верхней части склона (A_2) при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ произошли самые существенные изменения в перераспределении магния в почве по резервам в пределах территории полигона. Так, в 1,6 раза снизилось количество валового магния, что было отмечено ранее.

Эти потери приходятся на потенциальный резерв, содержание MgO в котором в целом сократилось на 83,3%. Остальная часть магния (44,0%) из потенциального резерва перешла в ближний (11,2%) и непосредственный (32,8%). Таким образом, несмотря на уменьшение содержания общего магния, растения некоторое время не будут испытывать недостатка этого элемента, потребляя его из непосредственного резерва, который восполняется за счет ближнего. Увеличение доз удобрений до $N_{120}P_{120}K_{120}$ вызвало близкое по значению сокращение потенциального и ближнего резервов (соответственно на 16,7 и 14,6%) и не влияло на содержание MgO в непосредственном запасе.

В нижней части склона (A_3) внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ мало повлияло на содержание в агрочернозёмах валового запаса магния. С повышением дозы удобрений его количество снизилось на 14,8%. Убыль магния произошла из ближнего резерва и составила 25,1% относительно контроля. Часть MgO из ближнего перешла в непосредственный резерв, прирост магния в котором составил 11,6%.

Таким образом, результаты исследований показывают, что от применения удобрений значительных изменений в поведении различных категорий калия и магния в почве всех таксонов, за исключением варианта с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ на таксоне A_2, за семилетний период не произошло. Однако можно спрогнозировать дальнейшее усиление процессов разрушения минералов – источников зольного питания растений, начавшихся вследствие подкисления почв от повышенных доз минеральных удобрений. Это приведёт к истощению естественных запасов элементов питания в почве, что подтверждается данными по содержанию общего магния, распределенного по запасам, на таксоне A_2 в варианте с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Дифференцированное определение элементов питания позволяет судить об обеспеченности ими растений не только в данное время, но и в будущем, что имеет огромное значение для регулирования пищевого режима почв. Учет запасов питательных веществ весьма важен, поскольку современное земледелие немыслимо без достаточного уровня минерального питания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. *Абидуева Т.И., Соколова Т.А.* Глинистые минералы и калийное состояние степных почв Западного Забайкалья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.- 100 с. 2. *Булгаков Д.С.* Концепция агроэкологической оценки почв земледельческой территории// Почвоведение. -2002.- № 6.- С. 710-714. 3. *Годунова Е.И., Патюта М.Б.* Состояние почвенной мезофауны на полигоне «Агроландшафт» в зависимости от интенсивности антропогенных нагрузок // Вопросы современной науки и практики/ Университет им. В.И. Вернадского. Т. 2 Сер.: Технические науки.- 2008.- № 3 (13). - С. 75-84. 4. *Горбунов Н.И.* Минералы и физическая химия почв.- М.: Наука, 1978.-296 с. 5. *Горбунов Н.И.* Минералы как источники общих, непосредственных, ближних и потенциальных резервов зольных элементов// Агрохимия.- 1969.- № 9. -С. 67-73. 6. *Горбунов Н.И.* Физико-химические исследования почв и их значение для плодородия// Почвоведение.- 1979.- № 7.- С. 33-42. 7. *Градусов Б.П., Чижикова Н.П., Плакхина Д.М.* Блок петрографо-минералогических показателей почвенного плодородия// Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии: Научн. тр.- М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева.- 1988.- С. 117-124. 8. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия.- М.: Колос, 1996.- 367 с. 9. *Кубашев С.К., Годунова Е.И.* Минералогический состав чернозёма слитого солонцеватого и функциональная роль минералов в оценке плодородия почв // Материалы II Международной научн. конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова». Т. 1. Ставрополь, 2002.- С. 41-45. 10. *Сапожников П.А.* Состояние почвенного покрова как основа кадастровой оценки земель. -М.: Наука, 2005.- С. 379–385. 11. *Цховребов В.С.* Эволюция и метаморфоз черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании: дис. … д-ра с.-х. наук: 06.01.03. Краснодар, 2004.- 523 с. 12. *Чижикова Н.П.* Необратимость эволюции петрографо-минералогической компоненты почв при антропогенном воздействии// Проблемы эволюции почв: мат-лы 4-й Всерос. конф. Пущино, 2003.- С. 216-221. 13. *Чижикова Н.П.* Преобразование минералогического состава почв в процессе агрогенеза: автореф. дис. … д-ра. с.-х. наук.- М., 1992.- 43 с.

NATURAL RESERVES OF NUTRIENTS IN AGROCHERNOZEMS OF STAVROPOL KRAI UNDER AGROGENIC IMPACT

N.P. Chizhikova[1], S.N. Shkabarda[2], [1]*Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Agricultural Sciences Pyzhevsky per. 7, Moscow, 109017 Russia [2]Stavropol Research Institute of Agriculture, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Nikonova 49, Mikhailovsk, Stavropol krai, 356241 Russia, E-mail: sniish@mail.ru,* trade-nat@yandex.ru

Differential assessment of potassium and magnesium reserves was performed; their changes were revealed depending on the intensity of soil use in agrolandscapes of the unstable moistening zone in the Stavropol krai, with the Agrolandshaft test site as an example.

Keywords: potassium; magnesium; total, immediate, near, and potential reserves; minerals; fertilizers.