

АГРОНОМИЯ

УДК 631.423.3

**ВЛИЯНИЕ ВИДОВ СЕВОБОРОТА И СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ
НА КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ
СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ**

Ю. А. Акманаева, канд. с.-х. наук,
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,
ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990
E-mail: ylishnaaa@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований по влиянию вида севооборота и системы удобрения на калийный режим дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы. Исследования проводились на учебно-научном опытном поле Пермский ГАТУ в многолетнем полевом опыте. Показано, что на калийный режим почвы повлияли вид севооборота и система удобрения. В сидеральном севообороте складываются лучшие условия для питания сельскохозяйственных культур калием при всех системах удобрения. В сидеральном севообороте за шесть лет исследования наблюдается тенденция увеличения легкоподвижного калия в слое почвы 0-20 см с 23,2 до 27,2 мг/кг почвы при органической системе удобрения и до 33 мг/кг почвы – при минеральной. В зернопаровом севообороте происходит снижение при органической системе с 24,7 до 18,8 мг/кг почвы и до 22,8 – при минеральной. Содержание обменного калия по всем вариантам опыта увеличилось в варианте без удобрения в сидеральном севообороте на 31 % (с 167 до 218 мг/кг почвы) в зернопаровом – на 14 % (с 167 до 190 мг/кг почвы). В сидеральном севообороте в варианте без удобрений содержание легкогидролизуемого калия в слое почвы осталось на прежнем уровне и составило 600 мг/кг почвы. При органической системе удобрения наблюдается тенденция к его уменьшению в сидеральном севообороте с 600 до 547 мг/кг почвы, а в зернопаровом – к увеличению до 697 мг/кг почвы. Лучшей системой удобрения для сидерального и зернопарового севооборотов стала минеральная и органоминеральная.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, система удобрения, вид севооборота, калийный режим почвы.

Введение. При оценке плодородия почвы, в отношении питания растений калием, важное значение имеет не только содержание его доступных форм (легкоподвижного и обменного), но и содержание так называемого ближнего легкогидролизуемого (по Пчёлкину) и дальнего фиксированного (по

Гедройцу) резерва калия. Это обусловлено, прежде всего, тем, что различные формы калия могут в процессе истощения той или иной формы пополнять друг друга, находясь в тесном и непрерывном взаимодействии между собой. Первая классификация форм калия в почвах, послужившая основой для

последующих исследователей калийного режима почв, была сделана К. К. Гедройцем в 1935 [1]. Он выделял три основные формы калия: калий почвенного раствора, калий почвенно-поглощающего комплекса (ППК) и калий почвенного скелета. Позднее в работе «Почвенный калий и калийные удобрения» В. У. Пчелкин [2] запасы калия почвы разделил на шесть фракций: 1) водорастворимый; 2) обменный; 3) труднообменный; 4) необменный; 5) калий нерастворимых силикатов; 6) калий, входящий в органическую часть почвы. Аналогичный принцип деления положен и в классификацию зарубежных ученых [3-6].

Многочисленные исследования калийного состояния дерново-подзолистых почв, позволили четко установить, что содержание различных форм калия напрямую зависит от минералогического состава почвы, однако о влиянии длительного применения удобрений однозначного мнения так и не сложилось [7-20].

Таким образом, целью исследования является изучение влияния вида севооборота и системы удобрения на калийный режим дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы.

Методика. Исследования проведены на учебно-научном опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ в стационарном многолетнем полевом опыте. В опыте изучается влияние вида севооборота и доз минеральных удобрений на продуктивность культур и изменение свойств дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы. Схема и поступление калия по вариантам опыта представ-

лена в таблице 1. Органическая система удобрения состоит из заправки соломы озимой ржи (3,5-4,0 т/га). Минеральная система – внесение минеральных удобрений (аммонийная селитра, простой суперфосфат и калий хлористый) в дозе $(NPK)_{60}$ кг/га под озимую рожь и яровую пшеницу. Органоминеральная система удобрения включала в себя внесение соломы и минеральных удобрений в дозе $(NPK)_{60}$. Опыт двухфакторный, повторность вариантов четырехкратная. Все работы, связанные с проведением опыта, осуществляли в соответствии с требованиями общепринятых методик [21]. Перед закладкой опыта (2013) и в конце ротации шестипольного севооборота (2018) были отобраны почвенные образцы с двух глубин 0-20 и 20-40 см, в которых были определены различные формы калия.

Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая среднесуглинистая с низким содержанием гумуса и слабокислой реакцией почвенного раствора.

Для изучения калийного режима почвы были использованы следующие методики с окончанием методом пламенной фотометрии: содержание водорастворимого калия по методу А. Н. Александровой; легкоподвижный калий 0,02 М $CaCl_2$ по ОСТ 10-271-2000; обменный калий в 1н р-ре CH_3COONH_4 (по Масловой) по ГОСТ 26210-91, содержание необменного легкогидролизующего калия после настаивания с 2н HCl по методу В.У. Пчелкина; фиксированный – после кипячения в 10 % HCl по К. К. Гедройцу.

Таблица 1

Поступление калия в опыте, кг/га

Система удобрения (фактор В)	Вид севооборота (фактор А)	
	Сидеральный (A_1)	Зернопаровой (A_2)
Без удобрений	24	-
Органическая	72	48
Минеральная	264	240
Органоминеральная	312	288

Результаты. Состояние калийного режима почвы можно увидеть на рисунках 1-10. Водорастворимый калий (рис. 1 и 2) находится непосредственно в почвенном растворе и

является самым доступным для растений калием. На данную форму калия оказали влияние и вид севооборота, и система удобрения.

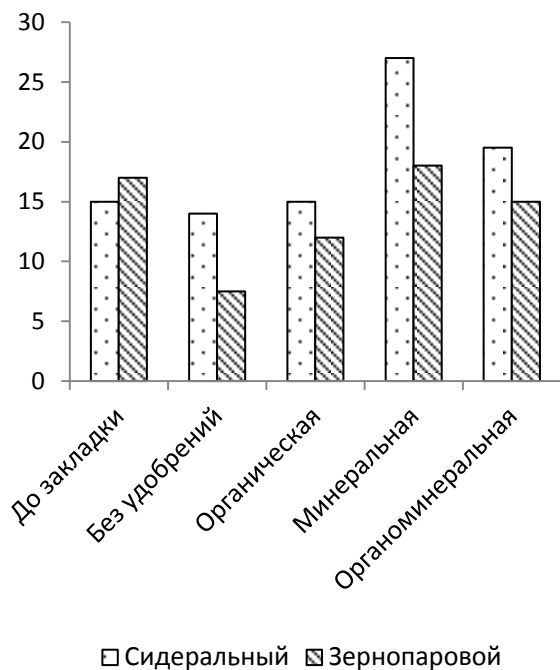


Рис.1. Влияние вида севооборота и системы удобрения на изменение содержания водорастворимого калия в слое почвы 0-20 см, мг/кг почвы

В сидеральном севообороте в варианте без удобрений и при органической системе удобрения содержание водорастворимого калия в слое почвы 0-20 см осталось на прежнем уровне (15 мг/кг почвы). В зернопаровом севообороте в варианте без удобрений происходит резкое уменьшение водорастворимого калия до 7,5 мг/кг почвы. Лучшей системой удобрения в отношении содержания водорастворимого калия является минеральная система как в сидеральном, так и в зернопаровом севооборотах, содержание водорастворимого калия в этих вариантах в конце ротации было соответ-

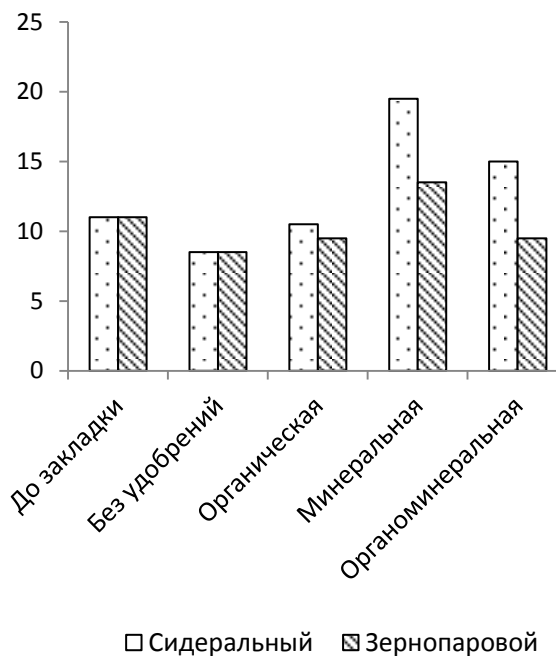


Рис.2. Влияние вида севооборота и системы удобрения на изменение содержания водорастворимого калия в слое почвы 20-40 см, мг/кг почвы

ственно 27 и 18 мг/кг почвы. В слое почвы 20-40 см (рис. 2) наблюдается аналогичная тенденция.

Легкоподвижный калий (включает в себя водорастворимый) (рис. 3 и 4) – калий поверхностного слоя органоминеральных и минеральных коллоидных частиц является первым источником для пополнения водорастворимой формы и занимает неспецифические обменные позиции в ППК (его связь с ним самая слабая) [22]. Изменение его содержания как в слое почвы 0-20, так и в слое 20-40 находится в той же зависимости, как и водорастворимый калий.

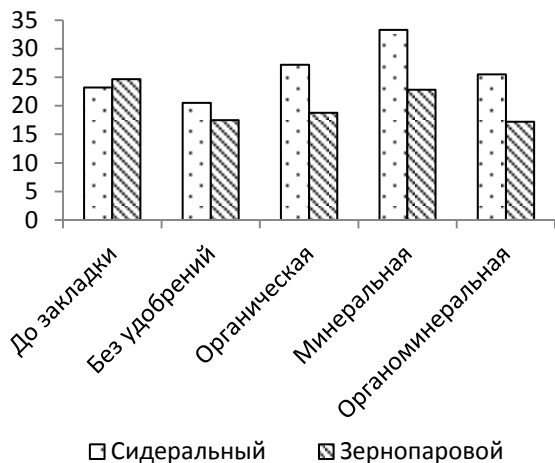


Рис.3. Влияние вида севооборота и системы удобрения на изменение содержания легкоподвижного калия в слое почвы 0-20 см, мг/кг почвы

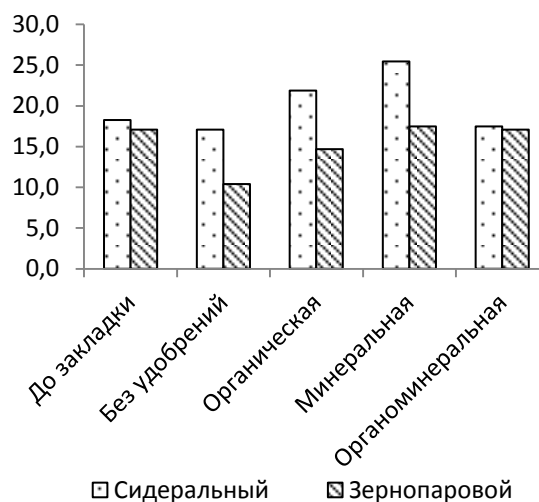


Рис.4. Влияние вида севооборота и системы удобрения на изменение содержания легкоподвижного калия в слое почвы 20-40 см, мг/кг почвы

Обменный калий включает в себя две предыдущие формы калия и собственно обменный и является основным показателем обеспеченности растений калием. Как и легкоподвижный калий, он входит в состав ППК, но более прочно связан с ним, удерживается силой электрического напряжения. Восполнение обменной формы калия идёт, в первую очередь, за счет легкогидролизуемой формы калия (по Пчёлкину). Как показали наши исследования, в сидеральном севообороте происходит увеличение обменного калия в слое почвы 0-20 см (рис. 5) по всем

вариантам опыта. Это связано с использованием в качестве сидеральной культуры люпина, который характеризуется способностью «поднимать» элементы питания из нижележащих горизонтов и делать более доступными их для последующих культур севооборота. Полученные данные частично подтверждают исследования Л. Л. Яговенко и Г. Л. Яговенко [23]. Если в слое почвы 0-20 в сидеральном севообороте происходит чуть большее накопление обменного калия, то в слое почвы 20-40 см (рис. 6) наблюдается обратная тенденция.

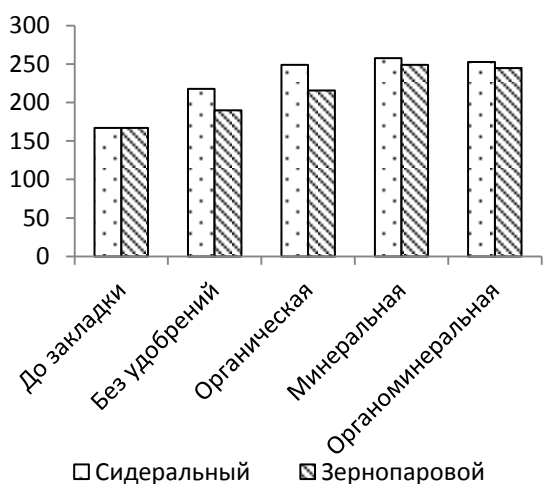


Рис.5. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания обменного калия в слое почвы 0-20 см, мг/кг почвы

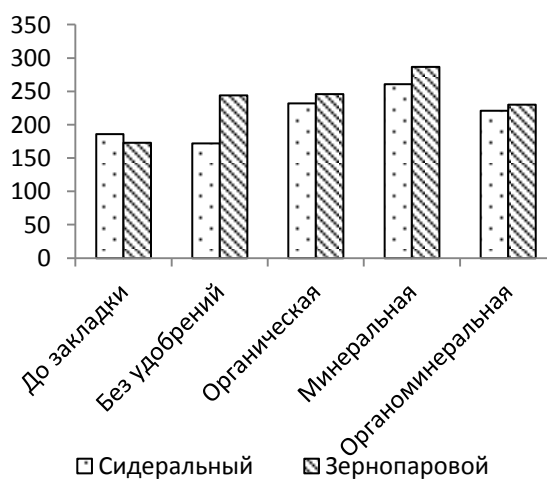


Рис.6. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания обменного калия в слое почвы 20-40 см, мг/кг почвы

Легкогидролизуемая форма калия (обменный по Масловой и собственно необменный) может использоваться культурами с хорошо развитой корневой системой (в наших севооборотах – люпин, озимая рожь и клевер) и после истощения содержания обменного калия почвы. Согласно группировке, содержание легкогидролизуемого калия в слоях почвы 0-20 (рис 7) и 20-40 см (рис. 8) характеризует-

ся как повышенное. В сидеральном севообороте в варианте без удобрений содержание легкогидролизуемого калия в слое почвы осталось на прежнем уровне и составило 600 мг/кг почвы. При органической системе удобрения наблюдается тенденция к его уменьшению в сидеральном севообороте с 600 до 547 мг/кг почвы, а в зернопаровом – к увеличению до 697 мг/кг почвы.

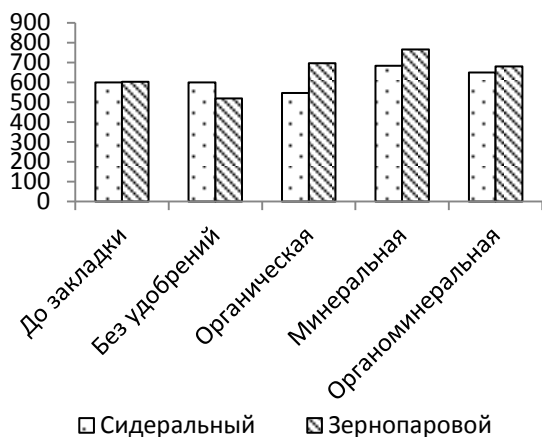


Рис.7. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания легкогидролизуемого калия в слое почвы 0-20 см, мг/кг почвы

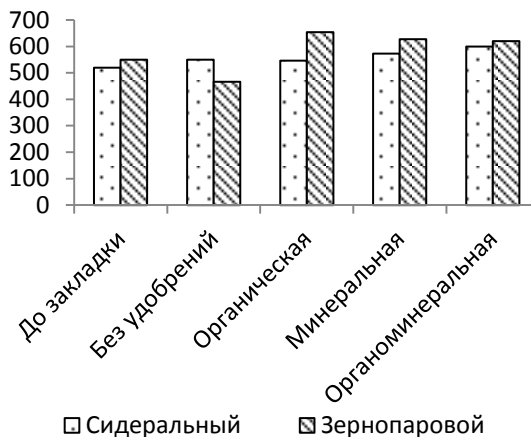


Рис.8. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания легкогидролизуемого калия в слое почвы 20-40 см, мг/кг почвы

Фиксированный (необменный) калий удерживается электростатическими силами в глинистых минералах (рис. 9 и 10). Использование его для восстановления легкогидролизуемого калия почвы обусловлено деградацией гидрослюд. За ротацию севооборота в слое почвы 0-20 см в сидеральном севообороте содержание фиксированного калия осталось

практически на прежнем уровне при всех изучаемых системах удобрения и колебалось от 1548 (органоминеральная) до 1560 (минеральная) мг/кг почвы. В зернопаровом севообороте наблюдается тенденция к истощению почвы в отношении фиксированного калия во всех системах удобрения. В слое почвы 20-40 см наблюдается обратная тенденция.

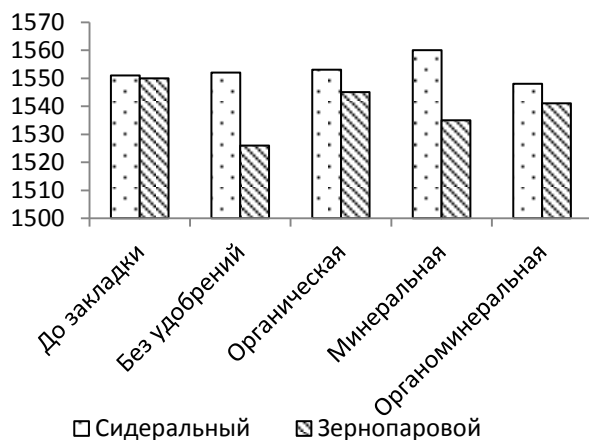


Рис.9. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания фиксированного калия в слое почвы 0-20 см, мг/кг почвы

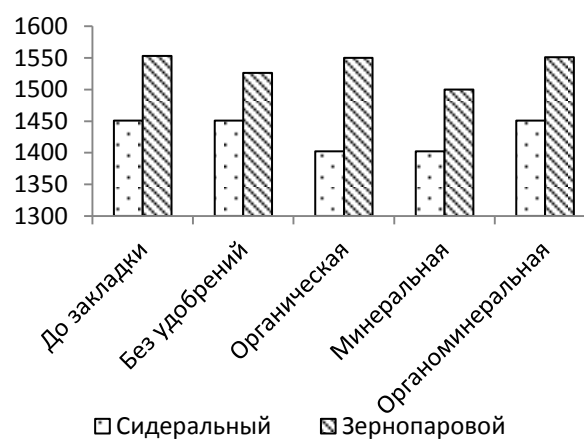


Рис.10. Влияние вида севооборота и систем удобрения на изменение содержания фиксированного калия в слое почвы 20-40 см, мг/кг почвы

Выводы.

1. На содержание водорастворимого и легкоподвижного калия оказали влияние и вид севооборота, и система удобрения. Лучшей системой удобрения в отношении содержания водорастворимого и легкоподвижного калия является минеральная система как в сидеральном, так и в зернопаровом севооборотах, содержание водорастворимого калия в этих вариантах в конце ротации было соответственно 27 и 18 мг/кг почвы.

2. В сидеральном севообороте происходит увеличение содержания обменного калия в слое почвы 0-20 см по всем вариантам опыта. Если в слое почвы 0-20 в сидеральном севообороте происходит несколько большее накопление обменного калия, то в слое почвы 20-40 см наблюдается обратная тенденция.

3. В сидеральном севообороте в варианте без удобрений содержание легкогидролизуемого калия в слое почвы осталось на прежнем уровне и составило 600 мг/кг почвы. При органической системе удобрения наблюдается тенденция к его уменьшению в сидеральном севообороте с 600 до 547 мг/кг почвы, а в зернопаровом – к увеличению до 697 мг/кг почвы.

4. За ротацию севооборота в сидеральном севообороте содержание фиксированного калия осталось практически на прежнем уровне при всех изучаемых системах удобрения и колебалось от 1548 (органоминеральная) до 1560 (минеральная) мг/кг почвы. В зернопаровом севообороте наблюдается тенденция к истощению почвы в отношении фиксированного калия во всех системах удобрения.

Литература

1. Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М., Л.: Сельхозгиз, 1935. 343 с.
2. Пчелкин В. У. Почвенный калий и калийные удобрения. М.: Колос, 1966. 336 с.
3. Rich C. I. Mineralogy of soil potassium // The role of potassium in agriculture. Madison: Wis., USA, 1968. Pp.79-108.
4. Soil testing and plant analysis. Madison: Wis., USA, 1973. 491 p.
5. Bertsch P. M., Thomas G. W. Potassium status of temperate region soils // Potassium in agriculture. Madison: Wisc., USA, 1985. Pp. 131-162.
6. Sparks D. L., Huang P. M. Physical chemistry of soil potassium // Potassium in agriculture. Madison: Wis., USA, 1985. Pp. 201-276.
7. Никитина Л. В. Влияние длительного применения удобрений в зернопропашном севообороте на калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы // Агрохимия. 2012. № 12. С. 15-23.
8. Регулирование фосфатного и калийного режимов дерново-подзолистых почв (по результатам длительных опытов с удобрениями) / Э. А. Бабарина [и др.] // Тр. ВИУА. 1989. С. 38-47.
9. Жукова Л. М., Силаева В. Е. Накопление и превращение калия в различных почвах при длительном применении удобрений и его доступность растениям // Удобрение и плодородие почв: Сб. науч. тр. М.: Колос, 1966. С. 125-168.
10. 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.
11. Влияние различных систем удобрения на продуктивность полевого севооборота и фосфорно-калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы / Ш. И. Литвак [и др.] // Агрохимия. 1990. № 8. С. 43-49.
12. Лейних П. А. Влияние минеральных удобрений на калийный режим в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве опытного поля ГНУ «Пермский НИИСХ» Россельхозакадемии // Пермский аграрный вестник. № 2 (2). 2013. С. 25-29.
13. Минеев В. Г., Гомонова Н. Ф., Морачевская Е. В. Изменение свойств и калийного состояния дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при 40-летнем применении агрохимических средств // Агрохимия. 2013. № 10. С. 3-12.
14. Никитина Л. В. Оценка калийного режима разных типов почв и эффективность калийных удобрений в длительных опытах: дис. ... канд. биол. наук. М., 1994. 131 с.
15. Никитина Л. В. Действие и последствие разных систем удобрения в длительном полевом опыте на калийный режим суглинистой почвы // Плодородие. 2015. № 6. С. 3-5.

16. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения: Практическое руководство. М.: Ледум, 2000. 185 с.
17. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. М., 2000. 181 с.
18. Демин В. А., Ауду Муса. Формы калийных соединений в дерново-подзолистой почве при длительном применении удобрений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2002. № 4. С. 41-50.
19. Чебан В. М. Влияние длительного применения калийных удобрений на продуктивность культур полевого и кормового севооборотов на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1987. 28 с.
20. Яковлева Л. В., Поляков В. А., Жданов С. С. Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистой почвы // Владимирский земледелец. 2018. № 4. С. 14-20.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
22. Якименко В. Н. Формы калия в почве и методы их определения // Почвы и окружающая среда. 2018. № 1 (1). С. 25-31.
23. Яговенко Л. Л., Яговенко Г. Л. Калийный режим почвы в севооборотах с люпином // Плодородие. 2009. № 6. С. 13-14.

INFLUENCE OF CROP ROTATION AND FERTILIZER SYSTEM ON POTASSIUM REGIME OF SOD-FINE-PODZOLIC MEDIUM-LOAMY SOIL

Yu. A. Akmanaeva, Cand. Agr. Sci.

Perm State Agro-Technological University

23, Petropavlovskaya Street, Perm, Russia, 614990

E-mail: ylishnaaa@mail.ru

ABSTRACT

The results of studies on the effect of crop rotation and fertilizer systems on the potash regime of sod-fine-podzolic medium loamy soil are presented. The studies were conducted in the field experiment at the Perm SATU training and experimental field for several years. It is shown that the type of crop rotation and the fertilizer system affected the potash regime of the soil. In green manure rotation, the best conditions for feeding crops with potassium are formed under all fertilizer systems. In the six-year crop rotation in green manure, there is a tendency for potassium in the soil layer to increase from 0–20 cm from 23.2 to 27.2 mg / kg of soil with an organic fertilizer system and up to 33 mg / kg of soil with a mineral. In a grain-crop rotation, there is a decrease in the organic system from 24.7 to 18.8 mg / kg of soil and to 22.8 in the case of the mineral. The content of exchangeable potassium in all experiment variants increased in the version without fertilizer in sideral crop rotation by 31 % (from 167 to 218 mg / kg of soil) in grain and fallow crops by 14 % (from 167 to 190 mg / kg of soil). In green manure rotation in the variant without fertilizers, the content of easily hydrolysable potassium in the soil layer remained at the same level and amounted to 600 mg / kg of soil. In the case of an organic fertilizer system, a tendency is observed to decrease in green manure rotation from 600 to 547 mg / kg of soil, and in a grain-fallow crop, to increase to 697 mg / kg of soil. The best fertilizer system for green manure and crop rotation was mineral and organo-mineral.

Key words: sod-podzolic soil, fertilizer system, type of crop rotation, classification of potassium in the soil, potash soil regime, forms of potassium.

References

1. Gedroits K. K. Pochvennyi pogloshchayushchii kompleks, rastenie i udobrenie (Soil absorbing complex, plant and fertilizer), M., L., Sel'khozgiz, 1935, 343 p.
2. Pchelkin V. U. Pochvennyi kalii i kaliinye udobreniya (Soil potash and potash fertilizers), M., Kolos, 1966, 336 p.
3. Rich C. I. Mineralogy of soil potassium, The role of potassium in agriculture, Madison, Wis., USA, 1968, pp.79-108.
4. Soil testing and plant analysis, Madison, Wis., USA, 1973, 491 p.
5. Bertsch P. M., Thomas G. W. Potassium status of temperate region soils, Potassium in agriculture, Madison, Wisc., USA, 1985, pp. 131-162.
6. Sparks D. L., Huang P. M. Physical chemistry of soil potassium, Potassium in agriculture, Madison, Wis., USA, 1985, pp. 201-276.
7. Nikitina L. V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii v zernopropashnom sevooborote na kaliinyi rezhim derno-podzolistoi tyazhelosuglinistoi pochvy (The effect of long-term use of fertilizers in grain crop rotation on the potash regime of sod-podzolic heavy loamy soil), Agrokimiya, 2012, No. 12, pp. 15-23.
8. Regulirovanie fosfatnogo i kaliinogo rezhimov derno-podzolistykh pochv (po rezul'tatam dlitel'nykh opytov s udobreniyami) (Regulation of phosphate and potassium regimes of sod-podzolic soils (according to the results of long-term experiments with fertilizers)), E. A. Babarina [i dr.], Tr. VIUA. 1989, pp. 38-47.
9. Zhukova L. M., Silaeva V. E. Nakoplenie i prevrashchenie kaliya v razlichnykh pochvakh pri dlitel'nom primeneni udobrenii i ego dostupnost' rasteniyam (The accumulation and conversion of potassium in various soils with prolonged use of fertilizers and its availability to plants), Udobrenie i plodorodie pochv: Sb. nauch. tr., M., Kolos, 1966, pp. 125-168.
10. Litvak Sh. I., Babarina E. A., Nikitina L. V. Balans fosfora i kaliya v derno-podzolistykh pochvakh (The balance of phosphorus and potassium in sod-podzolic soils), Khimizatsiya sel'skogo khozyaistva, 1991, No. 10, pp. 18-21.
11. Vliyanie razlichnykh sistem udobreniya na produktivnost' polevogo sevooborota i fosforno-kaliinyi rezhim derno-podzolistoi tyazhelosuglinistoi pochvy (The influence of various fertilizer systems on the productivity of field crop rotation and the phosphorus-potassium regime of sod-podzolic heavy loamy soil), Sh. I. Litvak [i dr.], Agrokimiya, 1990, No. 8, pp. 43-49.
12. Leinikh P. A. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na kaliinyi rezhim v derno-melkopodzolistoi tyazhelosuglinistoi pochve opytnogo polya GNU «Permskii NIISKh» Rossel'khozakademii (The effect of mineral fertilizers on the potash regime in the sod-fine podzolic heavy loamy soil of the experimental field of the Perm Scientific Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy), Permskii agrarnyi vestnik, No. 2 (2), 2013, pp. 25-29.
13. Mineev V. G. Gomonova N. F., Morachevskaya E. V. Izmenenie svoistv i kaliinogo sostoyaniya derno-podzolistoi srednesuglinistoi pochvy pri 40-letnem primeneni agrokhimicheskikh sredstv (Changes in the properties and potassium state of sod-podzolic medium loamy soil with 40-year use of agrochemicals), Agrokimiya, 2013, No. 10, pp. 3-12.
14. Nikitina L. V. Otsenka kaliinogo rezhima raznykh tipov pochv i effektivnost' kaliinykh udobrenii v dlitel'nykh opytakh (Evaluation of the potash regime of different soil types and the effectiveness of potash fertilizers in long-term experiments), dis. ... kand. biol. nauk, M., VIUA, 1994, 131 p.
15. Nikitina L. V. Deistvie i posledestvie raznykh sistem udobreniya v dlitel'nom polevom opyte na kaliinyi rezhim suglinistoi pochvy (The effect and aftereffect of different fertilizer systems in a long field experiment on the potash regime of loamy soil), Plodorodie, 2015, No. 6, pp. 3-5.
16. Prokoshev V. V., Deryugin I. P. Kalii i kaliinye udobreniya (Potassium and potash fertilizers): Prakticheskoe rukovodstvo, M., Ledum, 2000, 185 p.
17. Prokoshev V. V., Deryugin I. P. Kalii i kaliinye udobreniya (Potassium and potash fertilizers), M., 2000, 181 p.
18. Demin V. A., Audu Musa. Formy kaliinykh soedinenii v derno-podzolistoi pochve pri dlitel'nom primeneni udobrenii (Forms of potassium compounds in sod-podzolic soil with prolonged use of fertilizers), Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2002, No. 4, pp. 41-50.
19. Cheban V. M. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya kaliinykh udobrenii na produktivnost' kul'tur polevogo i kormovogo sevooborotov na derno-podzolistoi tyazhelosuglinistoi pochve (The effect of prolonged use of potash fertilizers on the productivity of field and fodder crop rotation crops on sod-podzolic heavy loamy soil), avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk, M., 1987, 28 p.
20. Yakovleva L. V., Polyakov V. A., Zhdanov S. S. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii na kaliinyi rezhim derno-podzolistoi pochvy (The effect of prolonged use of fertilizers on the potash regime of sod-podzolic soil), Vladimirskaia zemledelets, 2018, No. 4, pp. 14-20.
21. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovani) (Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)), M., ID Al'yans, 2011, 352 p.
22. Yakimenko V. N. Formy kaliya v pochve i metody ikh opredeleniya (Forms of potassium in the soil and methods for their determination), Pochvy i okruzhayushchaya sreda, 2018, No. 1 (1), pp. 25-31.
23. Yagovenko L. L., Yagovenko G. L. Kaliinyi rezhim pochvy v sevooborotakh s lyupinom (Potash soil in crop rotation with lupine), Plodorodie, 2009, No. 6, pp. 13-14.