

УДК 631.416.3:631.445.41:631.582

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ ЕГО ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЭКОСИСТЕМАХ

© 2020 г. В. И. Лазарев^{1,*}, Р. И. Лазарева¹, Б. С. Ильин¹, Н. Н. Боева¹

¹ Курский федеральный аграрный научный центр 305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70б, Россия

*E-mail: vla190353@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.04.2019 г.

После доработки 24.04.2019 г.

Принята к публикации 10.11.2019 г.

Длительное (50 лет) сельскохозяйственное использование чернозема типичного под различными видами полевых севооборотов и бессменными посевами без внесения удобрений не приводило к значительному изменению содержания подвижного калия в слое 0–40 см в сравнении с исходным его содержанием, несмотря на значительный вынос урожаями сельскохозяйственных культур. В вариантах с внесением 4 т навоза и минеральных удобрений в дозе K50 на 1 га севооборотной площади содержание обменного калия увеличивалось на 1.32–1.70 мг/100 г почвы в зависимости от вида севооборота. Это свидетельствовало о том, что в мощных черноземах калий, внесенный с минеральными и органическими удобрениями, быстро фиксировался почвой и в условиях периодически промывного водного режима не вымывался глубже подпахотного горизонта.

Ключевые слова: калийный режим, чернозем типичный, длительное сельскохозяйственное использование, агроэкосистемы, севооборот, бессменные посевы.

DOI: 10.31857/S000218812002009X

ВВЕДЕНИЕ

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов и дальнейшее наращивание темпов производства растениеводческой продукции требует решения вопросов количественной оценки круговорота и баланса питательных веществ, динамики содержания основных элементов минерального питания растений в различных агроценозах [1, 2]. В формировании почвенного плодородия важная роль принадлежит калию, содержание и запасы которого определяют агрохимические ценные свойства и продуктивность почв в целом [3–5].

Калий является одним из основных макроэлементов минерального питания растений, который участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, определяет водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к засухе и целому комплексу неблагоприятных факторов [6, 7].

Содержание валового калия в почвах больше, чем азота и фосфора вместе взятых — до 2–3% (30–50 т/га в пахотном слое) и зависит от минералогического, гранулометрического составов и содержания гумуса [8, 9].

Черноземы типичные характеризуются сравнительно высоким содержанием валового калия. Содержание его в пахотном слое почвы составляет 1.7–1.8%, с глубиной в 1-метровом профиле количество валового калия уменьшается до 1.3–1.4% [10]. Уровень обеспеченности почвы калием определяется не только валовыми его запасами, но и в еще большей степени наличием подвижных соединений калия, а также культурным состоянием поля.

Исследованиями [6, 11] установлено, что оптимальное содержание подвижных форм калия в пахотном слое чернозема оподзоленного составляет 100–140, чернозема выщелоченного — 120–150, чернозема типичного — 140–160, чернозема обыкновенного — 170–180 мг/кг.

Известно, что внесение навоза и калийных удобрений оказывает существенное влияние на обеспеченность почвы калием и зависит от количества внесенных калийных удобрений и длительности их применения. В свою очередь режим калия в агроландшафтах зависит и от насыщенности севооборотов пропашными культурами, которые выносят основную часть запаса элемента и снижают содержание его подвижных форм [12]. Установлено, что для бездефицитного баланса

Таблица 1. Содержание (исходное) валового, обменного и необменного калия в черноземе типичном

Глубина, см	Валовой калий, %	Необменный калий по Гедройцу		Обменный калий по Масловой	
		мг/100 г	% от валового	мг/100 г	% от валового
0–10	1.88	215	11.4	14.4	0.8
10–20	1.91	191	10.0	14.4	0.7
20–30	1.98	179	9.0	13.5	0.7
30–40	1.80	273	12.6	13.5	0.7
40–50	1.80	227	12.0	13.6	0.7
50–60	1.88	203	10.7	13.8	0.7
60–70	1.88	215	11.4	14.0	0.7
70–80	1.94	204	10.5	13.3	0.7
80–90	1.88	203	10.7	13.5	0.7
90–100	1.94	215	11.0	13.8	0.7

калия необходимо вносить в среднем K_{90} –180 на 1 га севооборотной площади. Однако трансформация различных форм калия в почве имеет сугубо региональный характер [13]. Следует отметить, что практически во всех типах почв калийные удобрения, независимо от дозы, повышают содержание подвижного калия, причем его накопление происходит не только в пахотном горизонте, но и на глубине 30–50 см и даже за пределами 1-метрового слоя [14, 15].

В этой связи определение потенциальных почвенных запасов доступного растениям калия, изменение их содержания в многолетней динамике в черноземе типичном при его интенсивном сельскохозяйственном использовании позволяет контролировать плодородие почвы, обоснованно и активно вмешиваться в круговорот и баланс питательных веществ в различных агроэкосистемах. Цель работы – изучение калийного режима чернозема типичного в различных агроэкосистемах при длительном сельскохозяйственном использовании почвы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в стационарном опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур и агроэкологической оценки земель Курского федерального аграрного научного центра в течение 50 лет. Изучали динамику содержания обменного калия в черноземе типичном мощном, в севооборотах коротких ротаций с различным насыщением их зерновыми, пропашными культурами и многолетними бобовыми травами, а также в бессменных посевах на 2-х фонах: без удобрений и с внесением за ротацию минеральных удобрений в количестве $N_{200}P_{250}K_{250}$ и навоза 20 т/га. Опыты заложены в трехкратной повторности, общая площадь делянки – 370 м²,

учетная – 200 м². Полевые работы на опытном участке проводили в лучшие агротехнические сроки и в основном такими же машинами и орудиями, которые используют в производственных условиях.

Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое – 6.2, в слое 80–100 см – 2.4–3.2%. Плотность пахотного слоя – 1.05–1.0 г/см³, общая порозность – 58–63%, сумма поглощенных оснований – 32.9–33.9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почвы основаниями – 88.9–90.1%. Содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 14.5–14.6, обменного калия (по Масловой) – 14.5 мг/100 г почвы.

В пробах почвы содержание валового калия определяли по методу Труора–Майера мокрым озолением почвы в смеси серной и хлорной кислот с последующим отделением железа по Уоррену–Пью, обменный калий – по Масловой (ГОСТ 26204–91), необменный калий – по Гедройцу. Для обработки экспериментальных данных применяли дисперсионный метод математического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходное содержание валового калия в типичном мощном черноземе стационарного опыта, развитом на суглинках и глинах четвертичного периода, составляло $\approx 1.9\%$, причем с глубиной его содержание практически не менялось (табл. 1).

Количество необменного калия по Гедройцу по профилю почвы также менялось незначительно. Доля необменного калия от валового в слое 0–10 см составляла 11.4, в слое 90–100 см – 11.0%. Отмечали значительный резерв необменного калия по всему профилю чернозема типичного.

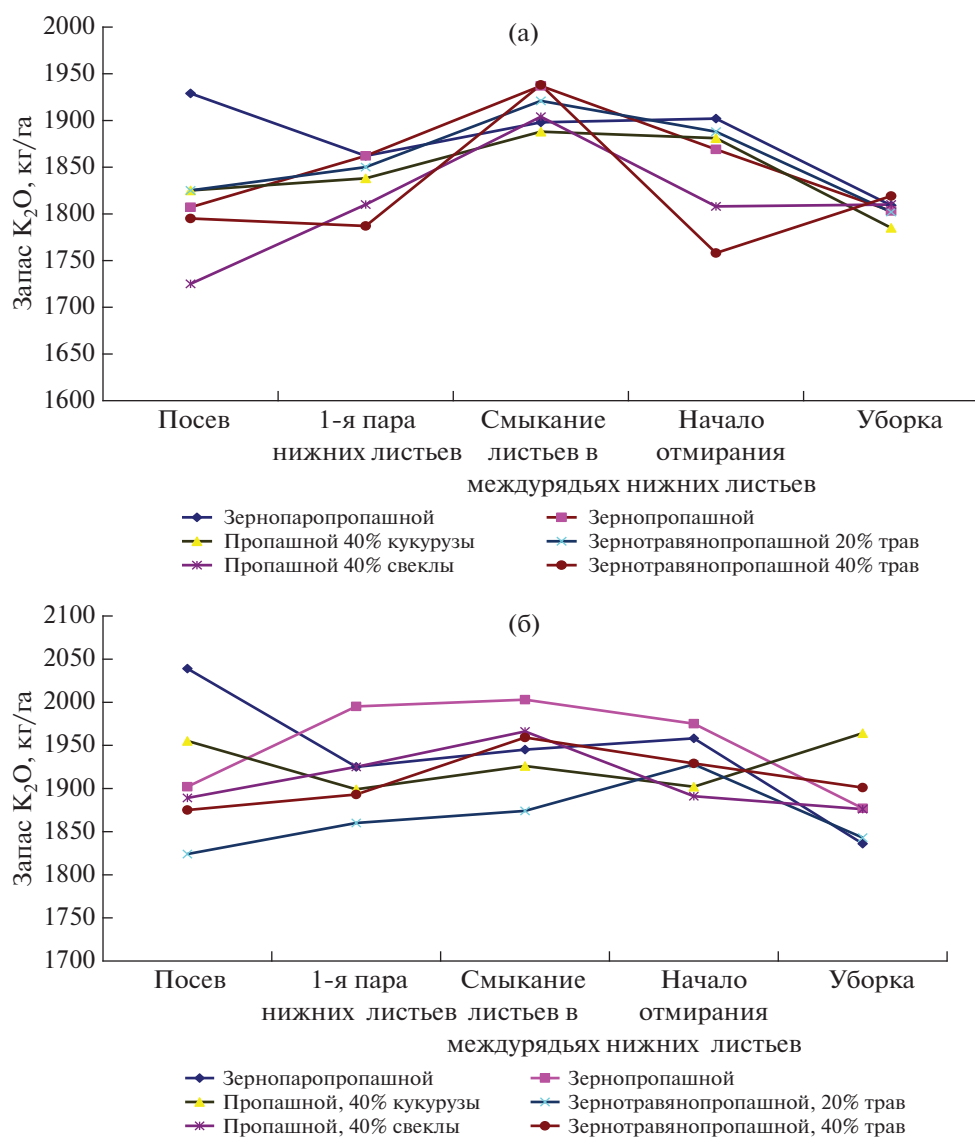


Рис. 1. Динамика запасов обменного калия в 1-метровом слое почвы под сахарной свеклой в различных видах полевых севооборотов: (а) – без удобрений, (б) – с применением удобрений.

Многолетними исследованиями установлено [12, 13], что при возделывании культур, отличающихся высоким выносом калия, в настоящее время содержание этого элемента лимитирует получение высоких урожаев сахарной свеклы, картофеля, кукурузы.

Содержание обменного калия подвержено значительным изменениям, как по годам, так и в течение вегетационного периода сельскохозяйственных культур. Отмечено, что динамика содержания обменного калия в почве под сельскохозяйственными культурами в течение вегетационного периода зависела от биологических особенностей возделываемых культур и погодных условий. Наблюдения за динамикой содержания обменного калия (по Масловой) под посевами са-

харной свеклы показали, что запасы его в 1-метровом слое почвы увеличивались от посева до фазы смыкания листьев в междурядьях, достигая максимума, а затем постепенно уменьшались до уборки урожая. Ко времени уборки сахарной свеклы запасы обменного калия в 1-метровом слое почвы были практически равными или несколько больше, чем его весенние запасы (рис. 1).

Внесение минеральных удобрений увеличивало запасы обменного калия в 1-метровом слое почвы, динамика его содержания оставалась такой же, как и в неудобренных вариантах.

Характер динамики содержания обменного калия в отдельные годы был неодинаковым. Во влажные годы динамика содержания обменного калия была выражена слабо, содержание ка-

Таблица 2. Баланс калия в системе почва—растение—удобрение в различных видах полевых севооборотов за 10 ротаций

Севооборот	Исходный запас K_2O в почве, кг/га	Поступило с удобрениями, семенами, корневыми и пожнивными остатками, кг K_2O /га	Запас K_2O в почве в конце 10-й ротации, кг/га	Вынос K_2O основной и побочной продукцией, кг/га	Разница в запасах K_2O в почве за 10 ротаций, кг/га	Мобилизовано K_2O из почвы, кг/га
Зернопропашной	750	1940	795	4290	+45	-2348
	757	5260	846	5340	+89	-74
Зернопаропропашной	758	1920	781	4690	+23	-2769
	768	5150	844	5220	+76	-67
Пропашной, 40% кукуруза	751	2130	793	3850	+42	-1719
	756	5170	852	5170	+96	-6
Зернотравянопропашной	747	2340	780	4260	+33	-1921
	756	5530	832	5060	+76	+469
Пропашной, 40% сахарная свекла	751	2120	752	5120	+1	-3005
	751	5280	824	6630	+73	-1352
Зернотравянопропашной, 40% многолетние травы	761	1940	776	3850	+15	-1904
	762	5240	831	5120	+69	118

Примечание. Над чертой — без удобрений, под чертой — с применением удобрений.

лия было высоким в течение всего вегетационного периода. В сухие годы содержание обменного калия было невысоким, резко уменьшалось от весны к лету и далее к осени. Это в значительной мере затрудняло пользование данных содержания обменного калия в почве в целях диагностики потребности в удобрениях. Зная поведение обменного калия в различные по увлажнению годы, можно при наличии долгосрочного прогноза погоды использовать полученные данные для определения потребности почв в калийных удобрениях.

За многолетний период (10 ротаций 5-польных севооборотов) содержание обменного калия (по Масловой) в вариантах без внесения удобрений оставалось приблизительно одинаковым с исходным его содержанием или несколько увеличивалось, несмотря на значительный вынос урожаями сельскохозяйственных культур (табл. 2). Это указывало на то, что поглощение калия сельскохозяйственными культурами проходило с вовлечением необменных его форм.

При систематическом внесении 4 т навоза и K_{50} на 1 га севооборотной площади в течение 50 лет содержание обменного калия в слое почвы 0–40 см достоверно увеличивались на 1.3–1.7 мг/100 г в зависимости от вида севооборота. В зернопропашном, зернопаропропашном и пропашном севооборотах с 40%-ной долей куку-

рузы на зеленый корм и ранний силос содержание обменного калия через 50 лет возрастало до 16.0–16.1 мг/100 г почвы, что на 1.7–1.6 мг/100 г почвы больше исходного его содержания (рис. 2).

В зернотравянопропашном севообороте с 40% многолетних трав и пропашном севообороте с 40% сахарной свеклы содержание обменного калия в почве увеличивалось в меньшей степени: в слое почвы 0–40 см в конце 10-й ротации этих севооборотов оно составило 15.6–15.8 мг/100 г почвы, или на 1.4–1.3 мг/100 г почвы больше в сравнении с исходным содержанием. Это свидетельствовало о том, что в черноземе типичном мощном калий, внесенный с минеральными и органическими удобрениями, быстро фиксировался почвой и в условиях периодически промывного водного режима не вымывался глубже пахотного слоя почвы.

В агроэкосистемах с бессменным возделыванием сельскохозяйственных культур (озимая пшеница) как в вариантах без внесения удобрений, так и в удобренных вариантах, запасы обменного калия в слое 0–40 см почвы имели тенденцию к увеличению (рис. 3). Вероятно, это было связано с невысоким выносом калия урожаями культуры, возделываемой бессменно.

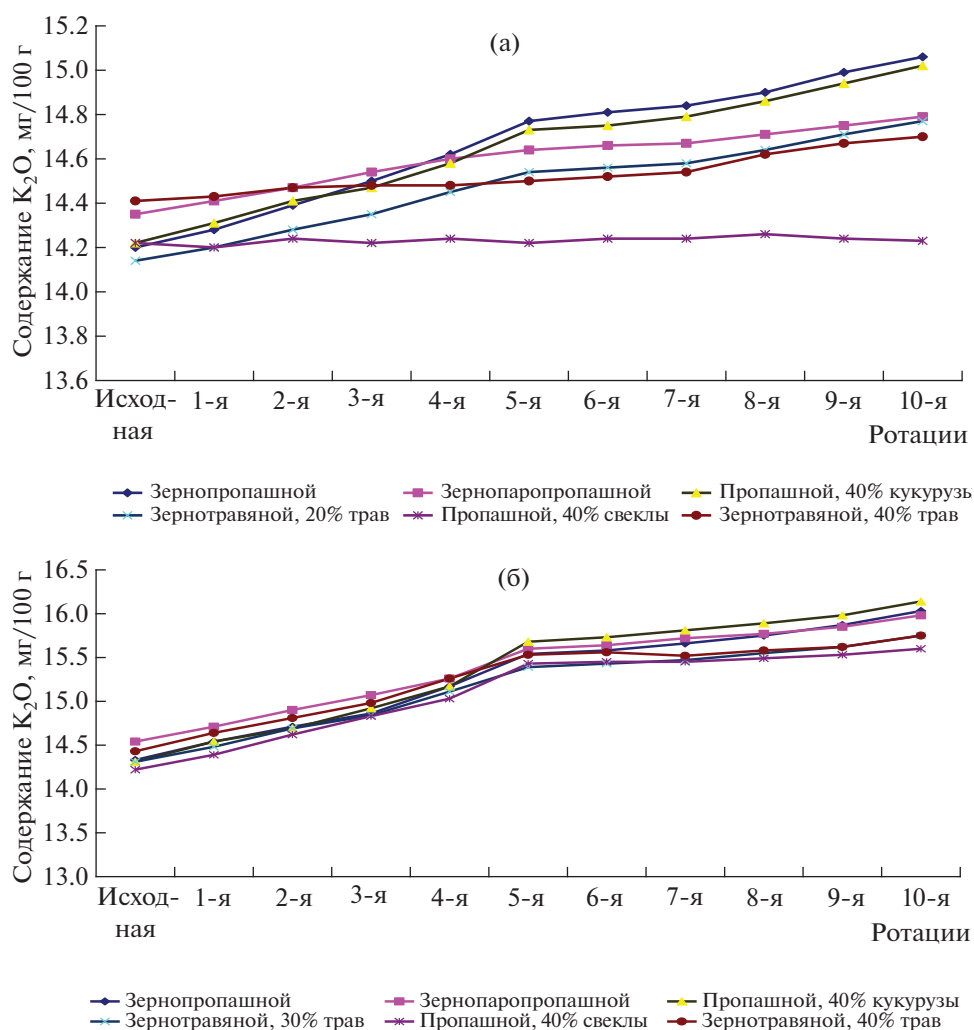


Рис. 2. Динамика содержания обменного калия (по Масловой) в различных видах полевых севооборотов: (а) – без удобрений, (б) – с применением удобрений.

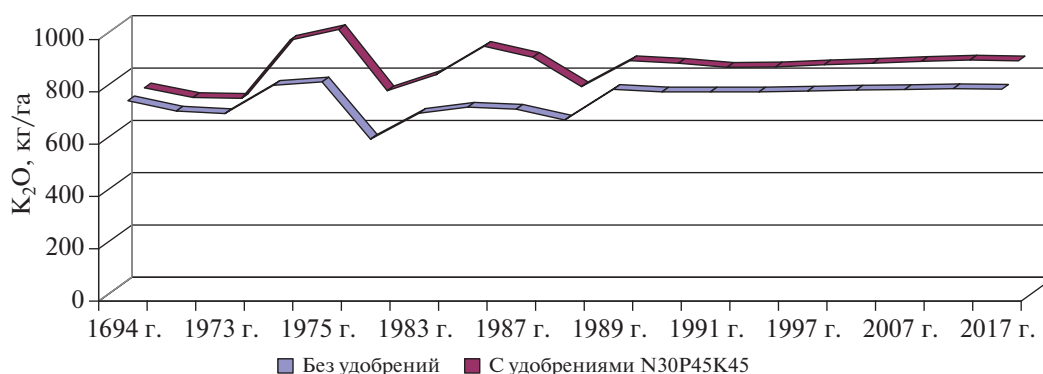


Рис. 3. Динамика содержания обменного калия (по Масловой) в черноземе типичном под бессменным посевом озимой пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что за 10 ротаций различных видов полевых севооборотов и в бессменных посевах сельскохозяйственных культур

в течение 50 лет в вариантах без внесения удобрений значительных изменений в содержании подвижного калия в слое 0–40 см чернозема типичного не произошло, оно сохранялось на уровне

исходного его содержания, несмотря на значительный вынос урожаем сельскохозяйственных культур. Это указывало на то, что поглощение калия сельскохозяйственными культурами проходило с вовлечением необменных его форм. Основным фактором оптимизации калийного режима чернозема типичного было внесение минеральных удобрений совместно с навозом. Систематическое внесение 4 т навоза и K50 на 1 га севооборотной площади в течение 50 лет способствовало увеличению содержания обменного калия в слое почвы 0–40 см на 1.3–1.7 мг/100 г почвы в зависимости от вида севооборота.

В зернопропашном, зернопаропропашном и пропашном севооборотах с 40% кукурузы на зеленый корм и ранний силос содержание обменного калия через 50 лет увеличивалось на 1.7–1.6 мг/100 г почвы в сравнении с исходным его содержанием. В зернотравянопропашном севообороте с 40% многолетних трав и пропашном севообороте с 40% сахарной свеклы содержание обменного калия в почве увеличивалось в меньшей степени. Его содержание в слое 0–40 см почвы в конце 10-й ротации этих севооборотов составило 15.6–15.8 мг/100 г почвы, или на 1.4–1.3 мг/100 г почвы больше в сравнении с исходным содержанием. Это свидетельствовало о том, что в черноземах калий, внесенный с минеральными и органическими удобрениями, быстро фиксировался почвой и в условиях периодически промывного водного режима не вымывался глубже подпахотного слоя почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин С.В., Васенев И.И., Цыгуткин А.С. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в черноземах западной части ЦЧО // Достиж. науки и техники АПК. 2010. № 8. С. 42–45.
2. Баршадская С.И., Квашин А.А., Дерка Ф.И. Плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность основных сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2011. № 2. С. 36–39.
3. Брехов П.Т., Мязин Н.Г. Формы калия в черноземе типичном при многолетнем внесении удобрений // Агрохим. вестн. 2012. № 4. С. 5–7.
4. Bugarin M.R., Galvis S.A., Hernandez Mendoza T.M., Garcia-Paredes D. Potassium buffering capacity and release kinetics in soils // Agr. Tecn. Mexico. 2007. V. 33. № 1. P. 73–81.
5. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг калийного режима черноземов ЦЧР // Достиж. науки и техн. АПК. 2011. № 8. С. 3–5.
6. Соловichenko В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. Белгород: Отчий край, 2011. 255 с.
7. Hosseinpour A.R., Sinegani A.A.S. Soil Potassium-release characteristics and the correlation of its parameters with garlic plant indices // Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2007. V. 38. Iss. 1/2. P. 107–118.
8. Лукин С.В., Соловichenko В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника "Белогорье" // Достиж. науки и техн. АПК. 2008. № 8. С. 15–17.
9. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг калийного режима черноземов ЦЧР // Достиж. науки и техн. АПК. 2011. № 8. С. 3–5.
10. Давлятин И.Д., Лукманов А.А., Бадиков А.Н. Калий в пахотных почвах лесостепи // Плодородие. 2013. № 2. С. 27–28.
11. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов. М.: Колос, 1992. 223 с.
12. Уваров Г.И., Карабутов А.П. Изменение свойств в черноземе типичном при применении удобрений в длительном полевом опыте // Агрохимия. 2012. № 4. С. 14–20.
13. Раков А.Ю., Сирота М.А. Обменный калий как лимитирующий фактор урожайности // Земледелие. 2013. № 7. С. 31–32.
14. Zarrabi M., Jalali M., Hajilouei Sh.M. Kinetics of non-exchangeable potassium release through malic acid and supplying power of some soils of Isfahan province // Iran. J. Agr. Sci. 2007. V. 37. № 6. P. 1–4.
15. Zhou J.M., Huang P.M. Kinetics of potassium release from illite as influenced by different phosphates // Geoderma. 2007. V. 138. Iss. 3/4. P. 221–228.

Potash Regime in Typical Chernozem under Its Long-Term Agricultural Use in Different Agroecosystems

V. I. Lazarev^{a, #}, R. I. Lazareva^a, B. S. Ilyin^a, and N. N. Boeva^a

^a Kursk Federal Agricultural Research Centre, ul. Karla Marksa 70b, Kursk 305021, Russia

[#]E-mail: vla190353@yandex.ru

Long-term (50 years) agricultural use of Chernozem typical under different types of field crop rotations and permanent crops without fertilizers did not lead to a significant change in the content of mobile potassium in the layer of 0–40 cm in comparison with its initial content, despite the significant removal of crops. In the variants with the introduction of 4 t of manure and mineral fertilizers at a dose of K50 per 1 ha of crop rotation area, the content of potassium exchange increased by 1.3–1.7 mg/100 g of soil depending on the type of crop rotation. This suggests that on powerful Chernozem potassium, made with mineral and organic fertilizers, quickly accumulate in the soil and in the periodic washing of the water regime will not leach to deeper subsoil horizon.

Key word: potash regime, typical Chernozem, long-term agricultural use, agroecosystems, crop rotation, permanent crops.