

ПЛОДОРДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
В СИСТЕМЕ ОРОШАЕМОГО АГРОЦЕНОЗАВ.С. Бойко¹, В.Н. Якименко², А.Ю. Тимохин¹¹ФГБНУ «Омский АНЦ»,²ИПА СО РАН

Полевые исследования проводились в лесостепи Омской области в восьмипольном орошаемом зернотравяном севообороте, заложенном в 1977-1978 г. В опытах выявлена направленность изменения содержания подвижного фосфора, различных форм калия, а также валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве при длительном (40 лет) сельскохозяйственном использовании. Содержание фосфора в вариантах без удобрений изменялось незначительно. При систематическом внесении P_{60} уровень обеспеченности фосфором существенно возрастал. Обеспеченность легкообменным калием снизилась в пахотном слое с очень высокой (4,0 мг/100 г) до неустойчивой (1,2-1,7 мг) и низкой (0,6-0,8 мг/100 г) в подпахотном. Это свидетельствует о нарастающей потребности выращиваемых культур в дополнительном калийном питании. Содержание обменного калия в аналогичных почвенных горизонтах уменьшилось практически в 2 раза от исходного (с 51,9-60,0 до 22,2-31,4 мг/100 г), оставаясь на высоком и очень высоком уровне обеспеченности. Систематическое внесение минеральных удобрений способствовало поступлению в агроценоз определенного количества тяжелых металлов. Однако, высокий уровень продуктивности культур препятствовал в целом значительному дополнительному их накоплению в почве в сравнении с участками без удобрений.

Ключевые слова: чернозем, фосфор, калий, тяжелые металлы, орошение, мелиорация, питательные вещества.

Для цитирования: Бойко В.С., Якименко В.Н., Тимохин А.Ю. Плодородие черноземов Западной Сибири в системе орошаемого агроценоза// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 39-42. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.11.

Современное сельское хозяйство призвано удовлетворять потребности в продуктах питания постоянно растущего населения мира, которое, по прогнозам экспертов, к 2050 г. достигнет 9 млрд. человек [1, 2]. Увеличение объемов производства продуктов питания невозможно без использования удобрений [3, 4]. Плодородная почва – гарант устойчивого производства с.-х. продукции в промышленных масштабах, но очень немногие почвы имеют достаточное содержание питательных веществ для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур [5, 6]. Агрохимикаты, и прежде всего минеральные удобрения, очень важны для обеспечения высокой продуктивности земледелия, однако возможно и негативное их влияние на окружающую среду [7-9]. Нерациональное орошение, нарушение агротехнологии сельскохозяйственных культур без продуманной системы удобрения и использование для полива низкокачественной воды также способствуют развитию деградационных процессов [10, 11].

Цель исследований – выявить направленность изменения содержания подвижного фосфора, различных форм калия, а также валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве при длительном сельскохозяйственном использовании.

Методика. Полевые исследования проводили в лесостепи Омской области в восьмипольном орошаемом зернотравяном севообороте, заложенном в 1977-1978 г.

Почва – лугово-черноземная среднесиловатая, содержание гумуса в слое 0-0,4 м – 6-6,5%. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная – $pH_{водн.}$ 6,9-7,2.

Опыты – двух-, позже трехфакторные. Стационар включен в Реестр длительных опытов Российской Федерации с удобрениями и другими агрохимическими

средствами. В период с 1978 по 1985 г. изучали различные способы обработки почвы на разных фонах питания, удобрения вносили в расчете на прибавку урожая кормовых и зерновых культур. За счет положительного баланса фосфора созданы фоны с повышенным, высоким и очень высоким его содержанием. В последующие 10 лет на указанных фонах вынос фосфора компенсировали внесением фосфорсодержащих удобрений (60 кг д.в./га), а поперек накладывались варианты с различными нормами высева культур, азотными и органическими удобрениями, микроудобрениями. С 1996 г. по настоящее время изучают последствие данных фонов с наложением поперек них вариантов с азотными (N_{0-90}) в зависимости от биологии культур и фосфорсодержащими (P_{60}) удобрениями и без них.

В различные годы в опытах совершенствовали агротехнологии многолетних бобовых и мятликовых трав в моно- и поливидовых посевах, однолетних бобово-мятликовых смесей основного и промежуточного посевов, озимых (рожь, тритикале), суданской травы основного и поукосного посевов, в том числе в смеси с зернобобовыми, проса поукосного посева, сорго сахарного и сорго-суданского гибрида, капустных, зерновых, зернобобовых и масличных культур.

Уровень влажности почв поддерживали в интервале от влажности разрыва капилляров (ВРК) до наименьшей влагоемкости (НВ). Величины ВРК и НВ почвы в слое 0-1,0 м составляют 210-220 и 290-300 мм, в слое 0-0,6 м – 115-120 и 150-160 мм соответственно. Поливы назначали по данным контроля за содержанием влаги в почве в слое 0,6 (1,0) м каждые 10 дней и проводили дождевальной машиной ДКШ-64 «Волжанка». Поливная норма 150, 300, 450 м³/га. Оросительная норма зависела от погодных условий вегетационного периода и составляла в

среднем на многолетних травах 1200-1500 м³/га, на зерновых и зернобобовых культурах – 600-900 м³/га.

Проведение полевых опытов, наблюдений, учетов и лабораторных анализов осуществлялось в соответствии с общепринятыми в земледелии и агрохимии методическими пособиями и указаниями [12, 13].

Фосфор – ключевой питательный элемент в различных физиологических и биохимических процессах растений. Обогащение почвы фосфором может способствовать увеличению урожайности и питательной ценности растений для использования человеком и животными [14-16]. Однако, эффективность внесения удобрений зависит от типа почвы, погодных условий и обеспеченности питательными веществами [17-19].

На первом этапе исследований установлено, что на содержание подвижного фосфора в почве слабо влияли приемы обработки почвы и предшественники. Содержание фосфора в вариантах без удобрений изменялось незначительно, несмотря на длительное отчуждение элемента из почвы. В то же время при систематическом внесении Р₆₀ и выше уровень обеспеченности фосфором существенно возрастал (табл. 1).

1. Содержание подвижного фосфора и калийное состояние почвы

Вариант	Слой почвы, м	Содержание фосфора, мг/кг почвы			Содержание форм калия, мг/100 г почвы		
		по Чирикову	по Францесону	по Карпинскому	легко-обменный	обменный	необменный
1978 г.							
Исходное содержание	0-0,2	143	9,5	2,2	4,0	60,0	215
	0,2-0,4	119	5,3	0,4	2,7	51,9	193
2019 г.							
Без удобрений	0-0,2	135	9,8	2,5	1,7	31,0	175
	0,2-0,4	121	6,3	1,1	0,8	22,2	167
NP	0-0,2	232	24,4	6,2	1,2	31,4	172
	0,2-0,4	177	11,3	3,6	0,6	22,9	169
HCP ₀₅		20	2,8	1,6	0,3	4,4	15

Данный показатель является диагностическим параметром при мониторинге обеспеченности фосфором почв агроценозов, хорошо отражающим режим накопления этого элемента и заметно хуже – масштабы его потребления (выноса) культурами. Это свидетельствует о целесообразности комплексного использования нескольких диагностических индексов для адекватной оценки фосфатного состояния пахотных почв.

По мнению [20], наиболее чувствительную оценку фосфатного состояния западно-сибирских почв обеспечивает метод Францесона.

Очевидны стабильное содержание легкообменного фосфора в пахотном слое контрольных вариантов лугово-черноземной почвы, в сравнении с исходным содержанием, и тенденция к его повышению в нижних слоях (табл. 1). Это происходит, вероятно, как из-за относительно низкой подвижности соединений фосфора в данной почве, так и биогенной аккумуляции в верхних почвенных горизонтах при многолетнем выращивании трав, сопровождавшемся, возможно, некоторым повышением степени мобильности имевшихся почвенных фракций фосфатов. При систематическом применении фосфорных удобрений уровень легкоподвижного фосфора в лугово-черноземной почве достоверно возрастал, свидетельствуя о высокой обеспеченности культур доступными формами этого минерального элемента.

Высокая буферность лугово-черноземной почвы и ее повышенное естественное плодородие способствовали сохранению определенного уровня ионов фосфора в почвенном растворе даже при длительном сельскохозяйственном использовании. Однако, значительное снижение продуктивности культур в экстенсивных агроценозах свидетельствует, что почвенные возможности, небезграничны.

Калий – один из основных питательных элементов для растений, он участвует в фотосинтезе, образовании углеводов и белков, переносе воды, питательных веществ и использовании азота. Следовательно, он оказывает значительное влияние на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Пахотные почвы Сибири традиционно богаты калием, азотные и фосфорные удобрения являются основными видами, используемыми в производстве, в то время как калийные применяются редко. Длительное отсутствие компенсации калия может отразиться на его почвенных запасах, оказывая влияние на урожайность и качество продукции растениеводства [21].

Оптимизация азотно-фосфорного питания растений способствовала существенному росту урожайности сельскохозяйственных культур в сравнении с вариантами без удобрений, что приводило к дополнительному выносу калия урожаем. Высокие исходные запасы доступного растениям калия не ограничивали питание культур и обеспечивали повышенный вынос его отчуждаемой растительной продукцией и вероятность длительного отрицательного баланса в агроценозах.

В агрохимии калийный фонд почвы подразделяют на четыре взаимосвязанных компонента (формы), основываясь, прежде всего, на прочности связи тех или иных групп катионов калия с твердой фазой почвы: калий легкообменный (почвенного раствора) – обменный – необменный – минерального скелета (структурный). Первые три формы определяют эффективное плодородие почвы в отношении калия, что обуславливает необходимость их количественной и качественной оценки при мониторинге калийного состояния почвы.

Легкообменный калий, ввиду его малых абсолютных величин, редко применяется для характеристики калийного состояния пахотных почв, хотя имеющиеся данные свидетельствуют о достаточно тесной связи этого показателя с урожаем и его хороших диагностических возможностях. Уровень легкообменного калия дает представление о степени истощенности почвы, ее способности десорбировать ионы этого элемента в почвенный раствор.

Длительное сельскохозяйственное использование почвы в контрольном варианте вызвало существенное снижение запасов этой формы калия как в пахотном, так и, особенно, в подпахотном слоях. Как уже отмечалось, систематическое применение азотных и фосфорсодержащих минеральных удобрений в соответствующих вариантах способствовало повышению продуктивности культур и, соответственно, дальнейшему снижению содержания легкообменного калия в почве. Повышенный калийный фонд лугово-черноземной почвы и высокая буферность его калийной системы позволяли в течение многих лет поддерживать интенсивность процессов десорбции калия в почвенный раствор на достаточно высоком уровне. Тем не менее, за 40 лет проведения опытов обеспеченность почвы легкообменным калием снизилась в пахотном слое всех вариантов с

очень высокой (4,0 мг/100 г) до неустойчивой (1,2-1,7) и низкой (0,6-0,8 мг/100 г) в подпахотном. Это свидетельствует о нарастающей потребности выращиваемых культур в дополнительном калийном питании.

В пахотном и подпахотном слоях содержание обменного калия уменьшилось за 40 лет практически в 2 раза от исходного (с 51,9-60,0 до 22,2-31,4 мг/100 г), оставаясь, тем не менее, на высоком и очень высоком уровнях обеспеченности по стандартным грациям. Однако вектор изменения калийного состояния данной почвы очевиден, что позволяет прогнозировать ее переход в недалеком будущем в класс обеспеченности с проблемным калийным питанием культур. Варианты без удобрений и NP не различались между собой по масштабам снижения содержания обменного калия.

В пахотном слое почвы за тот же длительный период проведения опыта содержание необменного калия снизилось на 40-43 мг/100 г почвы, что составляет около 18-20% от исходных значений. На начальном этапе лугово-черноземная тяжелосуглинистая почва относилась к оптимально обеспеченной необменной формой калия (180-250 мг/100 г), но за период исследований она перешла в категорию с неустойчивой обеспеченностью (< 180 мг/100 г).

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в исходной почве приведено в таблицах 2, 3. Природный естественный фон ТМ в данной почве укладывается в средний интервал значений, характерных для почв региона, что свидетельствует о типичности изучаемой почвы с точки зрения фонда ТМ.

2. Содержание валовых форм ТМ в лугово-черноземной почве, мг/кг

Вариант	Слой почвы, м	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Sr	Cr
1978 г.								
Исходное содержание	0-0,2	63	27	14	36	15	63	55
	0,2-0,4	61	26	15	38	17	55	54
2019 г.								
Без удобрений	0-0,2	52	25	13	31	13	58	51
	0,2-0,4	54	23	12	29	11	52	50
NP	0-0,2	51	26	13	33	18	52	49
	0,2-0,4	51	23	12	28	13	53	48
HCP ₀₅		5,0	2,8	1,5	2,5	2,5	5,8	2,5

При экстенсивном выращивании (без удобрений) сельскохозяйственных культур на лугово-черноземной почве отмечается тенденция к снижению валового содержания в почве всех рассматриваемых ТМ (табл. 2). Это связано, вероятно, как с определенным выносом этих элементов растениями, так и с миграцией вниз по профилю почвы при орошении. Следует отметить, что некоторые ТМ, например Co, Cu, Zn, Mn, являются важными микроэлементами питания растений и активно участвуют в физиологических процессах. В то же время защитные механизмы растений препятствуют поступлению в организм различных токсикантов.

Систематическое внесение относительно высоких доз минеральных удобрений в соответствующих вариантах опытов способствовало поступлению в агроценоз определенного количества ТМ. Однако, высокий уровень продуктивности культур в данных вариантах препятствовал, в целом, значительному дополнительному накоплению ТМ в почве в сравнении с участками без удобрений. В опытах с кормовыми культурами надземная биомасса отчуждалась с участка, тогда как при выращивании зерновых культур побочная продукция (со-

лома) оставалась на поле, что привело к относительно-му повышению уровня ТМ в почве удобренных вариантов с зерновыми культурами. Содержание подвижных форм ТМ в почве приведено в таблице 3.

3. Содержание подвижных форм ТМ в почве длительных полевых опытов, мг/кг

Вариант	Слой почвы, м	Zn	Cu	Co	Ni	Sr
1978 г.						
Исходное содержание	0-0,2	3,6	0,13	0,24	0,41	23,9
	0,2-0,4	1,3	0,10	0,23	0,44	19,5
2019 г.						
Без удобрений	0-0,2	3,60	0,12	0,22	0,35	21,35
	0,2-0,4	1,45	0,12	0,20	0,32	19,45
NP	0-0,2	3,55	0,12	0,22	0,33	22,25
	0,2-0,4	1,55	0,12	0,18	0,33	21,10
HCP ₀₅		0,70	0,06	0,05	0,08	3,10

Различные ТМ содержатся в растениях как естественных экосистем, так и агроценозов, где средства химизации никогда не применяли. Рассматриваемые химические элементы в той или иной степени необходимы для нормального роста и развития растительного организма. Таким образом, определяющее значение имеет не факт их присутствия, а концентрация.

Заключение. Проведенные исследования позволили выявить направленность изменения содержания подвижного фосфора, различных форм калия, а также валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве при длительном (40 лет) сельскохозяйственном использовании. Содержание фосфора в вариантах без удобрений изменяется незначительно, тогда как при систематическом внесении P₆₀ и выше уровень обеспеченности фосфором существенно возрастает. Обеспеченность легкообменным калием снизилась в пахотном слое с очень высокой (4,0 мг/100 г) до неустойчивой (1,2-1,7) и низкой (0,6-0,8 мг/100 г) в подпахотном. Это свидетельствует о нарастающей потребности выращиваемых культур в дополнительном калийном питании. Содержание обменного калия в пахотном и подпахотном слоях уменьшилось практически в 2 раза от исходного (с 51,9-60,0 до 22,2-31,4 мг/100 г), оставаясь на высоком и очень высоком уровне обеспеченности. Систематическое внесение минеральных удобрений способствует поступлению в агроценоз определенного количества ТМ. Однако, высокий уровень продуктивности культур препятствует, в целом, значительному дополнительному накоплению ТМ в почве в сравнении с участками без удобрений.

Литература

- Grafton R.Q., Daughbjerg C., Qureshi M.E. Towards food security by 2050 // Food Security. 2015, N 7, P. 179–183. DOI: 10.1007/s12571-015-0445-x
- Mahmud K., Panday D., Mergoum A., Missaoui A. Nitrogen losses and potential mitigation strategies for a sustainable agroecosystem // Sustainability. 2021. № 13. P. 2400. DOI: 10.3390/su13042400
- Rodriguez A., Sanders I.R. The role of community and population ecology in applying mycorrhizal fungi for improved food security // The ISME Journal. 2015. № 9. P. 1053–1061. DOI: 10.1038/ismej.2014.207
- Giordano M., Petropoulos S.A., Roupheal Y. The Fate of Nitrogen from Soil to Plants: Influence of Agricultural Practices in Modern Agriculture // Agriculture. 2021. № 11(10). P. 944. DOI: 10.3390/agriculture11100944
- Аллахвердиев Э.Р., Исаева Д.А. Влияние норм поливов и удобрений на изменение питательного режима почвы смешанных посевов (сorgho и гороха) по стерне // Аграрная наука. – 2021. – № 1. – С. 136-139. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-136-139.

6. Bogusz P., Rusek P., Brodowska M.S. Suspension Fertilizers: How to Reconcile Sustainable Fertilization and Environmental Protection // *Agriculture*. 2021. № 11. P. 1008. DOI: 10.3390/agriculture11101008
7. Романенков В.А., Беличенко М.В., Рухович О.В., Никитина Л.В., Иванова О.И. Эффективность использования азота в длительных и краткосрочных опытах Агрохимслужбы и Геосети Российской Федерации // *Агрохимия*. – 2020. – № 12. – С. 28-37. DOI: 10.31857/S0002188120120091
8. Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Воронкова Н.А., Тукмачева Е.В., Дорошенко В.Д. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя // *Агрохимия*. – 2019. – № 2. – С. 13-20. DOI: 10.1134/S0002188119020133
9. Якименко В.Н., Конарбаева Г.А., Бойко В.С., Тимохин А.Ю. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в почвах агроценозов Западной Сибири // *Экология и промышленность России*. – 2020. – № 12. – С. 52–57. DOI: 10.18412 / 1816-0395-2020-12-52-57.
10. Тимохин А.Ю., Бойко В.С. Зернобобовые культуры в системе орошаемого агроценоза. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. – 164 с.
11. Цораева Э.Н. Изменение свойств почв при снижении водной нагрузки : монография. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 186 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
13. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
14. Власенко А.Н., Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Изменение показателей плодородия темно-серой лесной почвы при различных системах основной обработки // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2019. – Т. 49. – № 1. – С. 5-10. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-1
15. Шафран С.А., Кирпичников Н.А., Ермаков А.А., Семенова А.И. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны и его регулирование // *Агрохимия*. – 2021. – № 5. – С. 14-20. DOI: 10.31857/S0002188121050100
16. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Якименко В.Н. Изменение фосфатного состояния почв лесостепи Западной Сибири при систематическом применении удобрений // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2021. – № 1. – С. 29-33. DOI: 10.31857/S2500262721010075
17. Ma B.L., Zheng Z.M. Relationship between plant nitrogen and phosphorus accumulations in a canola crop as affected by nitrogen management under ample phosphorus supply conditions // *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. № 96(5). PP. 853-866. DOI: 10.1139/cjps-2015-0374
18. Бойко В.С., Омелянюк Л.В., Асанов А.М., Тимохин А.Ю. Усовершенствованная технология возделывания и подбора сортов сои на орошаемых и богарных землях Омской области. – Омск: ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 20 с.
19. Zangani E., Afsahi K., Shekari, F., Mac Sweeney E., Mastinu A. Nitrogen and Phosphorus Addition to Soil Improves Seed Yield, Foliar Stomatal Conductance, and the Photosynthetic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.) // *Agriculture*. 2021. № 11. P. 483. DOI: 10.3390/agriculture11060483
20. Кочергин А.Е. Фосфатный фонд почв и его доступность растениям // *Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия*. – Омск: ОмСХИ, 1984. – С. 12-19.
21. Yakimenko V., Naumova N. Tuning Potassium and Magnesium Fertilization of Potato in the South of West Siberia // *Agronomy*. 2021. № 11. P. 1877.

FERTILITY OF CHERNOZEMS WESTERN SIBERIA IN THE SYSTEM OF IRRIGATED AGROCENOSIS

V.S. Boyko¹, V.N. Yakimenko², A.Y. Timokhin¹
¹FGBNU "Omsk ANC", ²IPA SB RAS

Field research were carried out in the forest-steppe of the Omsk region in an eight-field irrigated crop rotation, established in 1977-1978. The experiments revealed the direction of change in the content of mobile phosphorus, various forms of potassium, as well as gross and mobile forms of heavy metals in the soil during long-term (40 years) agricultural use. The phosphorus content in the variants without fertilizers changed insignificantly. With the systematic application of P60, the level of phosphorus supply increased significantly. The supply of easily exchangeable potassium decreased in the arable layer from very high (4.0 mg) to unstable (1.2-1.7 mg) and low (0.6-0.8 mg / 100 g) in the sub-arable layer. This testifies to the growing demand for additional potash for the crops grown. The content of exchangeable potassium in similar soil horizons decreased almost 2 times from the initial one (from 51.9-60.0 to 22.2-31.4 mg / 100 g), remaining at a high and very high level of supply. The systematic application of mineral fertilizers contributed to the entry of a certain number of heavy metals into the agrocenosis. However, the high level of crop productivity prevented, in general, a significant additional accumulation of their in the soil in comparison with plots without fertilizers.

Keywords: Chernozems; phosphorus; potassium; heavy metals, irrigation, reclamation, nutrients.

УДК 631.445.24:631.8

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.12

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Т.Ю. Бортник, д.с.-х.н., К.С. Клековкин, А.Ю. Карпова, к.с.-х.н., А.С. Башков, д.с.-х.н.,
 ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»
 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11. e-mail: agrohim@izhgsha.ru

Влияние различных систем удобрения изучали в длительном полевом опыте, заложенном в 1979 г. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве, в условиях Удмуртской Республики. Исходная почва была слабоки-слон со средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Последствие 40-летнего использования систем удобрения оценивалось по изменению химических и физико-химических показателей. Установлено существенное увеличение содержания гумуса под влиянием минеральных удобрений на 0,57-1,34 %, во всех вариантах систем удобрения повышение содержания подвижного фосфора до уровня повышенной и высокой обеспеченности по сравнению с вариантом без удобрений и поддержание содержания подвижного калия на среднем уровне. Выявлен подкисляющий эффект использования минеральных удобрений. Под влиянием систематического известкования произошло увеличение суммы обменных оснований и степени насыщенности почвы основаниями, а также достоверное снижение гидролитической кислотности.

Ключевые слова: системы удобрения, последствие, дерново-подзолистая почва, агрохимические показатели.

Для цитирования: Бортник Т.Ю., Клековкин К.С., Карпова А.Ю., Башков А.С. Последствие длительного использования систем удобрения на показатели плодородия почвы// *Плодородие*. – 2022. – №3. – С. 42-45. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.12.