

12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniia selskokhoziaistvennykh kultur (kartofel, ovoshchnye i bakhchevye kultury). Moskva: FGBU «Gosortkomissii», 2015. 61 s. https://gossortrf.ru/upload/2019/08/metodica_4.pdf (data obrashcheniia 20.12.2024).

13. Metodicheskoe rukovodstvo po khimiko-tekhnologicheskomu sortoispytaniiu ovoshchnykh, plodovykh i iagodnykh kultur dlia konservnoi promyshlennosti / Lomachinskii V.A., Megerdi-

chev E.Ia., Kliueva O.A., Korovkina N.V., Tamkovich S.K., Posokina N.E., Tsimbalaev S.R. – Moskva: Rosselkhozakademii, VNIIOK, 2008. 157 s. <http://vniioh.ru/wp-content/uploads/2018/01/kratkii-otchet-za-2017-g-VNIO.pdf> (data obrashcheniia 14.11.2024).

14. Perets: ucheb. posobie / G.S. Gikalo, R.A. Gish; M-vo sel. khoz-va i prodovolstviia RF. Kuban. gos. agrar. un-t. – Krasnodar: Izd-vo KGAU, 1997. – 133 s.



УДК 631.5:631.8

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-248-6-31-36

Е.П. Иванова, А.Н. Уболина,
Е.Ж. Кушаева, Р.В. Тимошинов
E.P. Ivanova, A.N. Ubolina,
E.Zh. Kushaeva, R.V. Timoshinov

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА ДЛИТЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРА НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ

INFLUENCE OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS AND THEIR AFTEREFFECTS IN A CROP ROTATION COURSE OF A PERMANENT EXPERIMENTAL PLOT ON SOIL AGROCHEMICAL INDICES DYNAMICS

Ключевые слова: агрохимический стационар, системы удобрений, севооборот, плодородие, фосфор, калий, гумус.

Цель работы – изучить влияние различных систем удобрений и их последствия в звене севооборота длительного агрохимического стационара на динамику агрохимических показателей лугово-бурой отбеленной почвы. Представлены результаты исследований 2022–2024 гг. различных систем удобрений на изменение агрохимических показателей лугово-бурой отбеленной почвы в длительном стационарном опыте. Длительное применение систем удобрений в условиях агрохимического стационара ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» положительно влияет на содержание основных питательных элементов и гумуса в почве, что подтверждает эффективность применения удобрений, особенно комплексных, для повышения плодородия лугово-бурой отбеленной почвы. Максимальное содержание подвижного фосфора в 2022–2024 гг. было в варианте с комплексной системой удобрений, включающей применение навоза, извести и двойной дозы NPK, соответствовавшему в 2022–2023 гг. повышенному, а в 2024 г. – высокому уровням (по сравнению с низким и очень низким уровнем в контроле). В варианте без применения удобрений в 2023 г. отмечено значительное увеличение содержания подвижных форм фосфора (на 45,5%), по сравнению с 2022 г., вероятно, благодаря позитивному влия-

нию сидерального удобрения пшеница + вика в севообороте. Наибольшее содержание обменного калия, как и подвижного фосфора, было в вариантах на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK. При систематическом внесении удобрений на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK реакция почвенной среды слабокислая ($pH_{\text{сол}}$ в среднем за 3 года составила 5,4–5,5), т.е. используемые минеральные удобрения не привели к подкислению почвенной среды. Содержание гумуса в среднем за годы исследований увеличилось с 3,0 до 3,2% (от низкого уровня к среднему).

Keywords: agrochemical permanent experimental plot, fertilizer systems, crop rotation, soil fertility, phosphorus, potassium, humus.

The research goal was to study how different fertilizer management strategies affected the dynamics of the agrochemical indices of meadow brown bleached soil in a crop rotation course in a long-term stationary agrochemical experiment. The research findings on different fertilizer systems and their effects from 2022 through 2024 are discussed. The studied long-term fertilizer application strategies positively affected the content of the major nutrients and humus in the soil in the agrochemical permanent experiment at the Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Far East named after A.K. Chayka. This confirmed the effectiveness of fertilizer application,

especially compound fertilizers, to increase fertility of meadow brown bleached soil. The highest content of labile phosphorus from 2022 through 2024 was observed in the variant with integrated fertilizer system which included the application of manure, lime, and a double NPK rate. The level of labile phosphorus was considered to be enhanced in 2022 and 2023 and high in 2024 (compared to a low and very low level in the control). In 2023, significant improvement (by 45.5%) in the phosphorus regime of the soil was found in the variant without fertilizer application as compared to 2022. This could be explained by the posi-

tive effect of green manure (wheat + common vetch) in the crop rotation. Similar to the phosphorus regime, the most favorable potassium regime was observed in the variants after compound fertilizer application with a single or double NPK rate. The soil was sub-acid (the pH value was 5.4-5.5 on average over the three years) after the systematic application of compound fertilizer with a single and double NPK rate. Therefore, the use of the mineral fertilizers did not lead to soil acidification. The humus content increased from 3.0 to 3.2% (from a low to an intermediate level) on average over the years of research.

Иванова Елена Павловна, к.с.-х.н., доцент, Институт землеустройства и агротехнологий, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск, Приморский край, Российская Федерация, e-mail: kirena2010@yandex.ru.

Уболина Анна Николаевна, магистрант, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск, Приморский край, Российская Федерация, e-mail: ubolina84anna@mail.ru.

Кушаева Елена Жоржевна, науч. сотр., ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки», г. Уссурийск, Приморский край, Российская Федерация, e-mail: o.zemledelia@yandex.ru.

Тимошинов Роман Витальевич, к.с.-х.н., зав. отделом земледелия и агрохимии, ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки», г. Уссурийск, Приморский край, Российская Федерация, e-mail: roman-timoshinov@mail.ru.

Ivanova Elena Pavlovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Primorsky State Agrarian-Technological University, Ussuriysk, Primorsky Region, Russian Federation, e-mail: kirena2010@yandex.ru.

Ubolina Anna Nikolaevna, master's degree student, Primorsky State Agrarian-Technological University, Ussuriysk, Primorsky Region, Russian Federation, e-mail: ubolina84anna@mail.ru.

Kushaeva Elena Zhorzhevna, Researcher, Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Far East named after A.K. Chayka, Ussuriysk, Primorsky Region, Russian Federation, e-mail: o.zemledelia@yandex.ru.

Timoshinov Roman Vitalevich, Cand. Agr. Sci., Head, Department of Agriculture and Agrochemistry, Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Far East named after A.K. Chayka, Ussuriysk, Primorsky Region, Russian Federation, e-mail: roman-timoshinov@mail.ru.

Введение

Удобрения являются главнейшими средствами круговорота и баланса биогенных веществ в современной земледелии, регулирования питания растений, сохранения и повышения плодородия почв, увеличения продуктивности агроценозов и поддержания экологической устойчивости экосистем [1]. Продуктивность агроценозов и воспроизводство плодородия зависят от эффективности использования удобрений и соблюдения научно обоснованных севооборотов, что объясняется их благоприятным влиянием на влагообеспеченность пашни, аккумуляцией питательных веществ и т.д. [2].

Географическая сеть длительных опытов с удобрениями была создана в 1941 г. под руководством Д.Н. Прянишникова. В этом же году в Приморском крае на базе Приморской краевой комплексной сельскохозяйственной опытной станции (ныне ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки») был заложен агрохимический стационар [3]. Систематическое внесение минеральных и органических удобрений, известкование на протяжении 80 лет на агрохимическом стационаре повысили содержание в почве питательных элементов, а

также их запасы в доступных растениям формах [4, 5]. Прекращение применения удобрений резко снижает содержание обменного калия [6]. Преимущества длительных полевых опытов по изучению систем применения удобрений в севооборотах состоят в том, что они дают полные сведения об изменении агрохимических свойств почв, балансе элементов минерального питания, влиянии на продуктивность сельскохозяйственных культур и т.д. [7, 8].

Цель работы – изучить влияние различных систем удобрений и их последствия в звене севооборота длительного агрохимического стационара на динамику агрохимических показателей лугово-бурой отбеленной почвы в период 2022-2024 гг.

Материалы, методы и условия исследований

Исследования проведены в 2022-2024 гг. на агрохимическом стационаре (1941 год заложения) на поле в № 8 девятипольного севооборота ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Изучены комплексные системы с одинарной и двойной дозой NPK, органическая и органоизвестковая. Навоз в

норме 40 и 80 т/га и известь по 3,5-4 т/га вносили в начале каждой ротации севооборота в занятом пару. Минеральные удобрения вносились ежегодно вручную – диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$) и аммиачная селитра (N_{34}) в одинарной дозе ($N_{30}P_{45}K_{45}$) во 2-м и 4-м вариантах и в двойной дозе ($N_{60}P_{90}K_{90}$) в 3-м и 5-м вариантах. Контрольный вариант – без удобрений.

Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная, тяжелосуглинистая. Отбор почвенных образцов в пахотном горизонте на опытных делянках проводили тростевым буром в весенний период перед внесением минеральных удобрений. Определялись следующие агрохимические показатели: органическое вещество по Тюрину (ГОСТ 26213-91); $pH_{\text{сол.}}$ (ГОСТ 26483-85); общий азот (ГОСТ 26107-84); подвижные формы фосфора и калия по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011).

Площадь опытной делянки – 250 м², повторность опыта – трёхкратная. Предшественник – соя. Агротехника в опыте общепринятая для Приморского края.

В звене севооборота возделывались: в 2022 г. в качестве сидеральной культуры – яровая пшеница сорта Никольская 39 + вика сорта

Луговская 85 (нормы высева 250 и 20 кг/га, рядовым способом с междурядьями 15 см); в 2023 г. – яровая пшеница сорта Приморская 39 (норма высева 250 кг/га, рядовым способом с междурядьями 15 см); в 2024 г. – соя сорта Бриз (норма высева 100 кг/га, рядовым способом с междурядьями 45 см).

Схема опыта:

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) H_{220} ;
- 3) $H_{220} + I_{22}$;
- 4) $H_{220} + I_{22} + N_{1093}P_{1500}K_{1215} + N_{30}P_{45}K_{45}$;
- 5) $H_{220} + I_{22} + N_{2753}P_{2960}K_{2335} + N_{60}P_{90}K_{90}$,

где H_{220} , I_{22} , $N_{1093}P_{1500}K_{1215}$ – суммарное количество навоза, извести и минеральных удобрений, внесенное с 1950 по 2021 г. (навоз и известь – в т/га, NPK – в кг д.в/га, $N_{30}P_{45}K_{45}$ – одинарная доза минеральных удобрений, ежегодно вносимая в 4-м варианте, $N_{60}P_{90}K_{90}$ – двойная доза, ежегодно вносимая в 5-м варианте до 2024 г.).

Результаты исследований

Динамика элементов питания лугово-бурой отбеленной почвы по годам в зависимости от систем удобрений представлена в таблице.

Таблица

Влияние различных систем удобрений на содержание основных питательных веществ в лугово-бурой отбеленной почве при севообороте, мг/кг

Вариант	$N_{\text{общ.}}$ мг/кг	P_2O_5 мг/кг	K_2O мг/кг	$pH_{\text{сол.}}$	Гумус, %
2022 г.					
1. Контроль (без удобрений)	0,20	11,0	109,0	4,9	2,6
2. H_{220}	0,24	7,0	77,0	5,0	2,6
3. $H_{220} + I_{22}$	0,24	11,0	92,0	5,4	2,8
4. $H_{220} + I_{22} + N_{1093}P_{1500}K_{1215} + N_{30}P_{45}K_{45}$	0,24	28,0	104,0	5,4	3,0
5. $H_{220} + I_{22} + N_{2753}P_{2960}K_{2335} + N_{60}P_{90}K_{90}$	0,23	45,0	171,0	5,3	3,1
HCP_{05}	0,08	15,2	37,6	0,2	0,2
2023 г.					
1. Контроль (без удобрений)	0,21	16,0	88,0	4,7	2,9
2. H_{220}	0,22	6,0	94,0	5,0	3,0
3. $H_{220} + I_{22}$	0,22	11,0	95,0	5,3	3,1
4. $H_{220} + I_{22} + N_{1123}P_{1545}K_{1260} + N_{30}P_{45}K_{45}$	0,22	29,0	119,0	5,5	3,1
5. $H_{220} + I_{22} + N_{2813}P_{3050}K_{2425} + N_{60}P_{90}K_{90}$	0,21	41,0	188,0	5,4	2,1
HCP_{05}	0,02	13,7	39,8	0,3	0,1
2024 г.					
1. Контроль (без удобрений);	0,21	4,0	110,0	4,8	3,4
2. H_{220}	0,22	4,0	81,0	5,1	3,5
3. $H_{220} + I_{22}$	0,22	9,0	82,0	5,4	3,6
4. $H_{220} + I_{22} + N_{1153}P_{1590}K_{1305} + N_{30}P_{45}K_{45}$	0,22	31,0	120,0	5,5	3,6
5. $H_{220} + I_{22} + N_{2873}P_{3140}K_{2515} + N_{60}P_{90}K_{90}$	0,21	52,0	118,0	5,4	3,6
HCP_{05}	0,02	18,1	15,1	0,3	0,1

В результате анализа данных таблицы отмечено, что содержание общего азота в контрольном варианте увеличилось в 2023 г. после сидерата пшеница + вика на 0,01% и осталось на таком же уровне и в 2024 г. В опытных вариантах с различными системами удобрений в 2023 г. содержание общего азота увеличилось на 0,03-0,04% по сравнению с контрольным вариантом, в последующие годы такой динамики не было выявлено.

Считается, что содержание подвижного фосфора в почве является важным диагностическим признаком уровня плодородия, а повышение обеспеченности этим элементом свидетельствует о росте окультуренности почвы [9]. Из изученных систем удобрений максимальное содержание подвижного фосфора в 2022-2024 гг. было в 5-м варианте с комплексной системой удобрений, включающей применение навоза, извести и двойной дозы NPK ($N_{220} + I_{22} + N_{2813}P_{3050}K_{2425} + N_{60}P_{90}K_{90}$), соответствовавшему в 2022-2023 гг. повышенному, а в 2024 г. – высокому уровням (по сравнению с низким и очень низким уровнем в контроле). Наименьшим было содержание подвижного фосфора (от 4 до 7 мг/кг) по последствию навоза. В контрольном варианте в 2023 г. отмечено значительное накопление P_2O_5 (на 45,5%), по сравнению с 2022 г., вероятно, благодаря позитивному влиянию сидерата пшеница + вика (запашка сидерата в июле 2022 г.) в севообороте. В третьем варианте опыта (по последствию навоза и извести) четкой закономерности не установлено. Так, содержание подвижного фосфора в 2022 г. было на уровне контрольного варианта, в 2023 г. снизилось на 31,3%, а в 2024 г., напротив, в 2,2 раза повысилось по сравнению с контролем.

Для эффективного функционирования агроценозов необходимо также учитывать калийное состояние почв. Применение калийных удобрений в дозах, компенсирующих вынос элемента урожаем или даже допускающих небольшой дефицит баланса, обеспечивает оптимальное калийное питание растений, способствует сохранению плодородия почвы в отношении калия и в целом улучшению эколого-агрохимического состояния агроценозов [10, 11]. Содержание обменного калия варьировало как по годам исследований, так и по вариантам опыта. В варианте без применения удобрений содержание обменного калия изменялось от 88 мг/кг

в 2023 г. до 110 мг/кг в 2024 г. В вариантах по последствию навоза и навоза + извести содержание K_2O снижалось по сравнению с контролем на 16-29% в 2022 г. и на 25-26% в 2024 г., а в 2023 г. увеличилось на 7-8%, что в данном случае можно объяснить положительным эффектом сидерации в предшествующем году. Наибольшее содержание обменного калия, как и подвижного фосфора, было в 4-м и 5-м вариантах опыта на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK.

Уровень pH влияет на доступность питательных веществ растениям. Считается, что длительное внесение минеральных удобрений приводит к увеличению почвенной кислотности вследствие усиления процесса выщелачивания оснований из пахотных почв [12], а применение навоза и известкование ослабляют этот процесс, что подтверждается нашими исследованиями. Так, в среднем за 2022-2024 гг. показатель pH по последствию навоза и навоза + известь увеличился на 0,2-0,6 по сравнению с контрольным вариантом (от средне- к слабокислой). При систематическом внесении удобрений на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK реакция почвенной среды слабокислая (pH в среднем за три года составила 5,4-5,5), т.е. используемые минеральные удобрения в нашем эксперименте не привели к подкислению почвенной среды.

Одним из основных показателей плодородия почвы является содержание гумуса в почве [13]. В нашем исследовании содержание гумуса в контрольном варианте по годам последовательно возрастает – от 2,6 (низкий уровень) в 2022 г. до 3,4% (средний уровень) в 2024 г. Наивысшим содержание гумуса в 2022 г. было при использовании комплексной системы удобрений с двойной дозой NPK (пятый вариант). Однако в 2023 г. в этом варианте произошло резкое снижение содержания гумуса, а в 2024 г. содержание гумуса было стабильно максимальным – 3,6% в 3-5-м вариантах, что соответствовало среднему уровню. Следует отметить увеличение содержания гумуса по годам. В среднем по опыту содержание гумуса в 2022-2023 гг. соответствовало 2,8% с увеличением до 3,5% в 2024 г.

Заключение

Длительное применение систем удобрений в условиях агрохимического стационара ФГБНУ

«ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» положительно влияет на содержание основных питательных элементов и гумуса в почве, что подтверждает эффективность применения удобрений, особенно комплексных, для повышения плодородия лугово-бурой отбеленной почвы. Максимальное содержание подвижного фосфора в 2022-2024 гг. было в варианте с комплексной системой удобрений, включающей применение навоза, извести и двойной дозы NPK, соответствовавшему в 2022-2023 гг. повышенному, а в 2024 г. – высокому уровням (по сравнению с низким и очень низким уровнем в контроле). В варианте без применения удобрений в 2023 г. отмечено значительное увеличение содержания подвижных форм фосфора (на 45,5%), по сравнению с 2022 г., вероятно, благодаря позитивному влиянию сидерата пшеница + вика в севообороте. Наибольшее содержание обменного калия, как и содержание подвижного фосфора, было в вариантах на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK. При систематическом внесении удобрений на фоне комплексной системы с одинарной и двойной дозами NPK реакция почвенной среды слабокислая (рН в среднем за три года составила 5,4-5,5), т.е. используемые минеральные удобрения не привели к подкислению почвенной среды. Содержание гумуса в среднем за годы исследований увеличилось с 3,0 до 3,2% (от низкого уровня к среднему).

Библиографический список

1. Действие комплексного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность и качество кормовых культур в условиях Европейского севера / Н. Т. Чеботарев, Н. Н. Шергина, О. В. Броварова, А. Г. Тулинов. – Текст: непосредственный // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 6. – С. 23-27.
2. Синеговская, В. Т. Система удобрений как средство воспроизводства плодородия почвы и стабилизации продуктивности полевого севооборота / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко. – Текст: непосредственный // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. – 2020. – № 1. – С. 38-41.
3. Сычев, В. Г. Географическая сеть опытов с удобрениями (состояние, перспективы и современные вызовы) / В. Г. Сычев, О. В. Рухо-

вич, М. В. Беличенко. – Текст: непосредственный // *Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг.: материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников геогр. сети опытов с удобрениями*, Москва, 16-17 апреля 2018 г. / ВНИИА. – Москва, 2018. – С. 4-11.

4. Изменение плодородия лугово-бурых отбеленных почв в длительных стационарных опытах / Р. В. Тимошинов, Е. Ж. Кушаева, Л. Е. Бабинец, А. А. Фалилеев. – Текст: непосредственный // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2016. – № 2 (38). – С. 28-33.

5. Влияние агротехнических приёмов и плодородия почвы на урожайность сои сорта Муссон в условиях Приморского края / Р. В. Тимошинов, Л. Е. Бабинец, Е. Ж. Кушаева [и др.]. – Текст: непосредственный // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. – 2020. – № 4. – С. 67-73.

6. Результаты сверхдлительного стационарного опыта с различными системами удобрения в условиях Приморского края / Р. В. Тимошинов, Е. Ж. Кушаева, А. А. Дубков [и др.]. – Текст: непосредственный // *Тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 90-летию ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» и 80-летию Географической сети опытов с удобрениями*, Москва, 1-2 декабря 2021 г. / под редакцией С. И. Шкуркина. – Москва: ВНИИА, 2022. – С. 181-192.

7. Длительное применение удобрений и извести в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья / Г. П. Гамзиков, Н. Н. Дмитриев, В. Т. Мальцев, Е. Н. Дьяченко. – Текст: непосредственный // *Плодородие*. – 2014. – № 6 (81). – С. 25-27.

8. Гамзиков, Г. П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири / Г. П. Гамзиков. – Текст: непосредственный // *Плодородие*. – 2016. – № 5 (92). – С. 6-9.

9. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны и его регулирование / С. А. Шафран, Н. А. Кирпичников, А. А. Ермаков [и др.]. – Текст: непосредственный // *Агрохимия*. – 2021. – № 5. – С. 14-20.

10. Якименко, В. Н. Изменение содержания форм минерального азота и калия в профиле почвы агроценозов / В. Н. Якименко. – Текст: непосредственный // *Вестник Томского государ-*

ственного аграрного университета. – 2009. – № 328. – С. 202-207.

11. Якименко, В. Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири / В. Н. Якименко – Текст: непосредственный // *Агрохимия*. – 2019. – № 10. – С. 16-24.

12. Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование): научно-методические рекомендации / М. М. Овчаренко, Р. В. Некрасов, Н. И. Аканова [и др.]. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 116 с. – Текст: непосредственный.

13. Сычев, В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В. Г. Сычев. – Москва: РАН, 2019. – 328 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Chebotarev, N.T. Deistvie kompleksnogo primeneniia udobrenii na plodorodie dernovo-podzolistoi pochvy, produktivnost i kachestvo kormovykh kultur v usloviakh Evropeiskogo severa / N.T. Chebotarev, N.N. Shergina, O.V. Brovarova, A.G. Tulinov // *Agrokhimicheskii vestnik*. – 2020. – No. 6. – S. 23-27.

2. Sinegovskaia, V.T. Sistema udobrenii kak sredstvo vosproizvodstva plodorodiia pochvy i stabilizatsii produktivnosti polevogo sevooborota / V.T. Sinegovskaia, E.T. Naumchenko // *Vestnik Rossiiskoi selskokhoziaistvennoi nauki*. – 2020. – No. 1. – S. 38-41.

3. Sychev, V.G. Geograficheskaya set opytov s udobreniyami (sostoianie, perspektivy i sovremennye vyzovy) / V.G. Sychev, O.V. Rukhovich, M.V. Belichenko // *Itogi vypolneniia programmy fundamentalnykh nauchnykh issledovaniy gosudarstvennykh akademii na 2013-2020 gg.: materialy Vseros. koordinats. soveshch. nauch. uchrezhdenii-uchastnikov Geogr. seti opytov s udobreniyami*, Moskva, 16–17 apr. 2018 g. / VNIIA. – Moskva, 2018. – S. 4-11.

4. Timoshinov, R.V. Izmenenie plodorodiia lugovo-burykh otbelennykh pochv v dlitelnykh statsionarnykh opytakh / R.V. Timoshinov, E.Zh. Kushaeva, L.E. Babinets, A.A. Falileev // *Dalnevostochnyi agrarnyi vestnik*. – 2016. – No. 2 (38). – S. 28-33.

5. Timoshinov, R.V. Vliianie agrotekhnicheskikh priemov i plodorodiia pochvy na urozhainost soi sorta Musson v usloviakh Primorskogo kraia / R.V. Timoshinov, L.E. Babinets, E.Zh. Kushaeva, A.A. Dubkov, A.G. Klykov // *Vestnik DVO RAN*. – 2020. – No. 4. – S. 67-73.

6. Timoshinov, R.V. Rezultaty sverkhdlitel'nogo statsionarnogo opyta s razlichnymi sistemami udobreniia v usloviakh Primorskogo kraia / R.V. Timoshinov, E.Zh. Kushaeva, A.A. Dubkov i dr. // *Tez. dokladov Mezhdunarodnoi nauchn. konf., posviashch. 90-letiiu FGBNU «VNIIA agrokhimii» i 80-letiiu Geograficheskoi seti opytov s udobreniyami, 1-2 dekabria 2021 g.* / pod red. S.I. Shkurkina. – Moskva: VNIIA, 2022. – S. 181-192.

7. Gamzikov, G.P. Dlitelnoe primeneniye udobrenii i izvesti v plodsmennom sevooborote na seroi lesnoi pochve Pribaikalia / G.P. Gamzikov, N.N. Dmitriev, V.T. Maltsev, E.N. Diachenko // *Plodorodie*. – 2014. – No. 6 (81). – S. 25-27.

8. Gamzikov, G.P. Sostoianie i perspektivy issledovaniy v dlitelnykh statsionarnykh opytakh s udobreniyami v Sibiri / G.P. Gamzikov // *Plodorodie*. – 2016. – No. 5 (92). – S. 6-9.

9. Shafran, S.A. Dinamika soderzhaniia podvizhnogo fosfora v pochvakh Nechernozemnoi zony i ego regulirovaniye / S.A. Shafran, N.A. Kirpichnikov, A.A. Ermakov i dr. // *Agrokhimia*. – 2021. – No. 5. – S. 14-20.

10. Iakimenko, V.N. Izmeneniye soderzhaniia form mineral'nogo azota i kaliia v profile pochvy agrotsenozov / V.N. Iakimenko // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2009. – No. 328. – S. 202-207.

11. Iakimenko, V.N. Balans kaliia, urozhainost kultur i kaliinoe sostoianie pochvy v dlitelnom polevom opyte v lesostepi Zapadnoi Sibiri / V.N. Iakimenko // *Agrokhimia*. – 2019. – No. 10. – S. 16-24.

12. Priemy povysheniia plodorodiia pochv (izvestkovaniye, fosforitovaniye, gipsovaniye): nauch.-metod. rekom. / M.M. Ovcharenko, R.V. Nekrasov, N.I. Akanova i dr. – Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021. – 116 s.

13. Sychev, V.G. Sovremennoe sostoianie plodorodiia pochv i osnovnye aspekty ego regulirovaniia / Sychev V.G. – Moskva: RAN, 2019. – 328 s.

