

DOI

УДК 631.811:631.816:631

ДИНАМИКА КОМПЛЕКСА НРК В ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ФОРМ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ СОЧЕТАНИЙ

Г. В. Ермолаева, К. Г. Зайцева

**Реферат.** Исследования проводили с целью изучения влияния разных форм удобрений и их сочетаний на содержание подвижных форм основных элементов питания в почве и урожайность овса. Работу выполняли в лесостепи Поволжья в 2019–2021 годы. Объекты изучения: черноземная тяжелосуглинистая почва, растения овса сорта Рысак. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: основное азотное удобрение (фактор А) – без азотных удобрений, аммиачная селитра ( $N_{34,4}$ ); припосевное сложное удобрение (фактор В) – без удобрений, БисолбиФит, азофоска в полной дозе ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ), азофоска биомодифицированная в полной ( $N_{15}P_{15}K_{15M}$ ) и половинной ( $N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5M}$ ) дозах. Полевой опыт закладывали в 3-кратной повторности в севообороте чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овёс. Наиболее рациональным было сочетание  $N_{15}P_{15}K_{15M}$  с внесением аммиачной селитры, обеспечивающее формирование средней за годы исследований урожайности овса на уровне 2,71 т/га. Все изучаемые в опыте удобрения приводили к повышению величины этого показателя, которая составляла на фоне без азота 2,28...2,30 т/га, с азотом – 2,50...2,64 т/га. Лучшую нитрификационную способность на фоне без азота отмечали в варианте с биомодифицированной азофоской ( $N_{15}P_{15}K_{15M}$ ), в котором содержание нитратного азота в почве было на 41,0% выше, чем в варианте без удобрений. При применении БисолбиФита величина этого показателя возрастала на 21,4 %, в вариантах с  $N_{15}P_{15}K_{15}$  и  $N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5M}$  – на 16,0...16,7%. Биомодифицированная азофоска способствовала улучшению обеспеченности почвы под овсом подвижным фосфором и калием соответственно на 4,3...4,9 и 4,0...5,6%, по сравнению с другими вариантами. При внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{34,4}$  содержание нитратного азота, по сравнению с фоном, где азотные удобрения не применяли, в среднем по фону увеличилось на 5,1%, подвижного фосфора и калия – соответственно на 1,7% и 12,6%.

**Ключевые слова:** азофоска, аммиачная селитра, БисолбиФит, овёс (*Avena sativa* L.), элементы питания, урожайность.

**Введение.** От условий минерального питания напрямую зависит рост и развитие сельскохозяйственных культур. Улучшить их можно путем применения удобрений [1, 2, 3]. В последние годы, помимо минеральных удобрений, важное значение приобретают бактериальные препараты, в состав которых входит один или несколько видов микроорганизмов, способных стимулировать рост и развитие растений вследствие поглощения атмосферного азота и выработки различных стимулирующих веществ [4, 5, 6].

В современных системах сельскохозяйственного производства особое значение приобретает совместное применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов. Путём их смешивания возможно получение ценных комплексных удобрений, использование которых значительно улучшает баланс азота в почве, дает возможность снижать дозы минеральных удобрений и тем самым предотвращать загрязнение почвы, водоемов и растений избыточным количеством нитратов. На этой основе одним из важных вопросов агрохимии становится разработка рациональных способов и дозировок их применения [7, 8, 9]. Биомодифицированные минеральные удобрения представляют собой комплексные гранулированные удобрения с макроэлементами и микроорганизмами в составе, применяемые для повышения эффективности корневого питания и стимуляции роста растений. Их вносят перед посевом или во время его проведения. Кроме того, такие удобрения

обладают дополнительным защитным действием, что обусловлено жизнедеятельностью бактерии *Bacillus subtilis* штамм Ч-13. Эти удобрения можно применять без ограничений под все виды сельскохозяйственных культур [10, 11, 12].

Необходимость проведения наших исследований определила недостаточность сведений о эффективности биомодифицированных удобрений в условиях Среднего Поволжья.

Цель исследований – изучить влияние минеральных и биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит на питательный режим чернозёма выщелоченного и урожайность овса.

**Условия, материалы и методы.** Работу выполняли на базе длительного стационарного опыта, заложенного на опытном поле Ульяновского НИИСХ. Почва – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 6,43%, общего азота – 0,26%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 228 мг/кг и 117 мг/кг. В эксперименте использовали универсальное комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение – азофоску ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ), аммиачную селитру с содержанием общего азота не менее 34,4% и биологический препарат БисолбиФит на основе ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* штамма Ч-13. Исследования проводили в посевах овса сорта Рысак.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

основное (допосевное) азотное удобрение (фактор А) – без удобрений (N<sub>0</sub>), аммиачная селитра (N<sub>34,4</sub>);

припосевное комплексное удобрение (фактор В) – без удобрений (0), БисолбиФит; азофоска в полной дозе (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>), азофоска биомодифицированная в полной дозе (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>М), азофоска биомодифицированная в половинной дозе (N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5</sub>М).

Приготовление биоминеральных удобрений осуществляли смешиванием азофоски с биологическим препаратом БисолбиФит (порошкообразная форма) в день применения из расчёта 4 кг на 1 т удобрения.

За день до посева семена овса в темном помещении обрабатывали БисолбиФитом нормой 400...600 г/т. Кроме того, проводили опрыскивание двукратное (фазы кушения и выхода в трубку) вегетирующих растений жидкой формой БисолбиФита в дозе 1 л/га с расходом рабочего раствора 200 л/га.

Обработка почвы на опытных делянках включала вспашку, весеннее боронование, предпосевную культивацию. Комплексное минеральное и биоминеральное удобрения

вносили в рядки при посеве, фоновое удобрение и аммиачную селитру – под предпосевную культивацию. Повторность опыта 3-кратная. Расположение делянок – систематическое. Общая площадь опытной делянки 145 м<sup>2</sup>, учётная – 100 м<sup>2</sup>. Предшественник – ячмень.

Содержание нитратного азота в почве определяли дисульфидно-феноловым методом по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26951-86); подвижных соединений фосфора и калия – методом Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91). Образцы почвы отбирали ежегодно из слоя 0...30 см буром Малькова весной – в фазе кушения, осенью – в фазе полной спелости культуры. Урожайность зерна определяли методом сплошного учета с пересчетом на 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы AGROS 209. Основные метеорологические данные (среднесуточные температуры воздуха и суммы осадков) были представлены агрометеорологическим постом Тимирязевский (табл. 1).

Таблица 1 – Метеоусловия в период проведения исследований

Месяцы		Температура, °С			Осадки, мм		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Май	норма	13,5			44,0		
	факт	17,4	13,9	18,9	20,0	51,9	54,6
Июнь	норма	18,2			62,0		
	факт	19,8	17,9	22,5	26,5	121,8	5,9
Июль	норма	19,5			58,0		
	факт	19,4	22,5	22,0	60,1	10,6	66,8
Август	норма	17,1			59,0		
	факт	17,4	17,9	22,8	113,7	102,7	15,7
ГТК (норма)		1,0					
ГТК (факт)		2019=0,9		2020=1,3	2021=0,5		

**Результаты и обсуждение.** Под действием припосевного удобрения на фоне без аммиачной селитры содержание нитратного азота в пахотном слое почвы увеличивалось, по отношению к контрольному варианту, на 2,2...5,3 мг/кг почвы, или на 15,9...38,4% (табл. 2). При этом преимущество имели варианты с использованием биоминеральных удобрений, в почве которых содержание нитратного азота варьировало от 17,1 до 19,1 мг/кг. При основном внесении N<sub>34,4</sub> под предпосевную культивацию питательный режим почвы улучшался. Количество нитратного азота, по сравнению с фоном без удобрений, в варианте без припосевного удобрения повышалось с 13,8 до 15,4 мг/кг, а при использовании азофоски и биопрепарата БисолбиФит – с 16,3 до 17,1 мг/кг почвы. В вариантах с биомодифицированными удобрениями в полной и половинной дозах количество нитратного азота составляло от 17,1 до 19,8 мг/кг почвы. Содержание нитратного азота в почве подвергалось значительным сезонным изменениям. Максимальное в опыте его количество отмечали в начальные фазы

развития овса, к фазе полной спелости величина этого показателя уменьшалась на 5,9...10,1 мг/кг почвы, что может быть связано с особенностями минерального питания и активным потреблением азота растениями.

Содержание фосфора в почве в наших опытах варьировало от 193 до 276 мг/кг, что соответствует высокой и очень высокой обеспеченности. Весной под посевами величина этого показателя в слое 0...30 см составляла 246...276 мг/кг.

Припосевное внесение азофоски и БисолбиФита приводило к увеличению количества фосфора в почве с 246 до 273 мг/кг на неудобренном фоне и с 252 до 276 мг/кг на фоне с внесением аммиачной селитры. Максимальное содержание подвижного фосфора зафиксировано в варианте, в котором на гранулы азофоски был нанесён биопрепарат (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>М), оно составило 273...276 мг/кг почвы. При инокуляции семян БисолбиФитом, внесении азофоски обычной (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>) и биомодифицированной в половинной дозе (по 7,5 кг д.в.) величина этого показателя была приблизительно одинаковой.

Таблица 2 – Динамика содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в слое почвы 0...30 см в зависимости от видов и сочетаний удобрений (среднее за 2019–2021 годы), мг/кг

Основное удобрение (фактор А)	Припосевное удобрение (фактор В)	N-NO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
		кущение	полная спелость	кущение	полная спелость	кущение	полная спелость
N <sub>0</sub>	0	13,8	7,9	246,0	193,0	99,0	83,0
	БисолбиФит	16,3	8,1	261,0	196,0	103,0	97,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	16,9	8,1	261,0	208,0	104,0	101,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> М	19,1	9,0	273,0	215,0	107,0	101,0
	N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> М	17,1	8,3	262,0	208,0	104,0	99,0
	среднее	16,6	8,3	260,6	204,0	103,4	96,2
N <sub>34,4</sub>	0	15,4	8,6	252,0	206,0	111,0	85,0
	БисолбиФит	16,7	9,4	264,0	211,0	114,0	99,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	17,4	9,6	266,0	218,0	118,0	109,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> М	19,8	10,4	276,0	218,0	121,0	110,0
	N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> М	17,4	9,6	266,0	216,0	116,0	109,0
	среднее	17,3	9,6	264,8	213,8	116,0	102,4
Среднее	0	14,6	8,3	249,0	200,0	105,0	84,0
	БисолбиФит	16,5	8,8	263,0	204,0	109,0	98,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	17,2	8,9	264,0	213,0	111,0	105,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> М	19,5	9,7	275,0	217,0	114,0	106,0
	N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> М	17,3	9,0	264,0	212,0	110,0	104,0
	среднее	17,0	8,9	263,0	209,0	110,0	99,4
НСР <sub>05</sub> для факторов	А	0,25	0,20	1,92	2,63	2,23	1,56
	В	0,39	0,36	3,04	4,15	3,52	2,46
	АВ	0,56	0,51	4,01	5,87	2,93	3,48

К концу вегетации овса отмечали снижение количества фосфора в почве, что связано с выносом его растениями.

Основным источником калийного питания для растений выступает обменный калий [13, 14]. На чернозёмных почвах в связи с высокой насыщенностью двухвалентными катионами он почти не накапливается и составляет всего 1...3%.

Наибольшее количество подвижного калия в почве в нашем опыте обеспечивало совместное применение минерального и бактериального удобрений, при котором коэффициент усвоения элемента был выше, чем в других вариантах. Под действием изучаемых удобрений и биопрепарата уже в самом начале

вегетации содержание подвижного калия возросло, по сравнению с контролем, на неудобренном на 4,0...8,0 мг/кг почвы, на удобренном – на 12,0...22,0 мг/кг. К концу вегетации величина этого показателя вследствие потребления калия растениями овса снижалась на 3...26 мг/кг, но эффект от удобрений сохранялся. Наибольшее в опыте содержание подвижного калия, как и фосфора, отмечено в варианте с биомодифицированной азофосковой, как без основного азотного удобрения, так и на фоне с его применением.

Улучшение питательного режима почвы в опыте под действием различных форм удобрений и биопрепарата оказало влияние на урожайность овса (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность овса в зависимости от видов удобрений и их сочетаний (среднее за 2019–2021 годы), т/га

Основное удобрение (фактор А)	Припосевное удобрение (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
N <sub>0</sub>	0	2,15	–	–
	БисолбиФит	2,20	0,05	2,3
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	2,28	0,13	6,0
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> М	2,30	0,15	7,0
	N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> М	2,28	0,13	6,0
	среднее	2,24		
N <sub>34,4</sub>	0	2,43	–	–
	БисолбиФит	2,50	0,07	2,9
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	2,61	0,18	7,4
	N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> М	2,71	0,28	11,5
	N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> М	2,64	0,21	8,6
	среднее	2,57		
НСР <sub>05</sub>	Фактор А – 0,03; Фактор В – 0,04; Фактор АВ – 0,06			

Минеральные удобрения и биопрепарат повышали урожайность овса. В зависимости от вида удобрений прибавка составляла 0,05...0,28 т/га (2,3...11,5%). Припосевное

внесение биомодифицированной азофоски в полной дозе ( $N_{15}P_{15}K_{15}M$ ) обеспечило самую высокую урожайность – 2,30 т/га на фоне без азотных удобрений и 2,71 т/га на удобренном фоне. Сбор зерна овса в среднем по фону с применением аммиачной селитры составила 2,57 т/га против 2,24 т/га без основного внесения удобрений, что на 14,7% больше. Азофоска обычная в полной дозе ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ) и биомодифицированная в половинной дозе (по 7,5 кг д.в.) также обеспечили сравнительно высокую прибавку урожая – 0,13...0,21 т/га. Наименьшие в опыте прибавки отмечены в варианте с инокуляцией семян овса биологическим препаратом БисолбиФит.

**Выводы.** Применение азофоски, аммиачной селитры и биопрепарата БисолбиФит способствовало улучшению питательного режима почвы, содержание подвижных форм азота возрастало в среднем на 25,7%, фосфора – на 7,5%, калия – на 12,0%, по отношению к варианту без удобрений. Во всех экспериментальных вариантах при внесении удобрений прибавка урожайности составляла 0,05...0,28 т/га (2,3...11,5 %).

Наибольший в опыте сбор зерна овса и лучшая обеспеченность почвы подвижными формами основных элементов питания отмечены в варианте с внесением биомодифицированной азофоски в дозе по 15 кг д.в./га.

#### Литература

1. Урожайность ячменя в условиях центрального Черноземья в зависимости от уровня удобренности и степени биологизации в севооборотах / А. С. Акименко, В. И. Свиридов, Н. В. Долгополова и др. // Земледелие. 2022. № 6. С. 3–7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7.
2. Цыгункин А. С., Васбиева М. Г., Шишков Д. Г. Особенности постановки полевого опыта с минеральными удобрениями на основе неполной факториальной схемы 1/9 (6х6х6) // Земледелие. 2022. № 6. С. 22–25. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-22-26.
3. Шафран С.А. Совершенствование нормативно-справочной базы для определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях // Агрохимия. 2019. № 7. С. 27–34. doi: 10.1134/s000218811907011.
4. Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J. Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms // Plant Cell Physiol. 2010. Vol. 51. P. 1255–1264.
5. Савдур С. Н., Шарипова Р. Т., Дмитриева П. А. Моделирование системы производства биопрепаратов для растениеводства // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сб. науч. тр. по материалам I Всероссийской научно-практической конференции. Казанский государственный аграрный университет (Казань). 2022. С. 241–247.
6. Van Loon L. C. Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria // Eur. J. Plant Pathol. 2007. Vol. 119. P. 243–254.
7. Чуян Н. А., Брескина Г. М., Кузнецов А. А. Изменение биологической активности чернозёма типичного от действия биопрепаратов и минеральных удобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (379). С. 12–16. doi: 10.24412/2587-6740-2021-1-12-16.
8. Zavalin A. A., Vinogradova L. V. Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazotrophs on the productivity of cereals // Plant microbial interaction: positive interactions in relation to crop production and utilization, aspects of applied Biology. 2001. Vol. 63. P. 123–127.
9. Гаврилова А. Ю., Чернова Л. С., Завалин А. А. Влияние сложных минеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит на урожайность и качество зерна ярового ячменя // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 3–5. doi: 10.25680/519948603.2019.109.01.
10. Сайдышева Г. В., Зайцева К. Г. Эффективность биоминерального удобрения микробиологического препарата на яровом ячмене в условиях лесостепи Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 39–42. doi: 10.12737/2073-0462-2021-30-42.
11. Влияние биомодифицированных минеральных удобрений на продуктивность агробиоценоза / Н. В. Сухова, С. Ю. Ефремова, С. В. Визирская и др. // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11. № 2. С. 124–129. doi:10.55355/snvt2022111218.
12. Лещёва Л. А. Влияние биоминерального удобрения на формирование биометрических показателей и урожайность овса в условиях Приобской лесостепи // Вестник молодёжной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 17–21.
13. Важенни И. Г., Карасёва Г. И. О формах калия в почве и калийном питании // Почвоведение. 1959. № 3. С. 12–21.
14. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов / А. П. Карабутов, В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин. и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7. doi:10.24411/0044-3913-2019-10201.

#### Сведения об авторах:

Ермолаева Галина Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агрохимии, e-mail: galina\_83@list.ru  
 Зайцева Ксения Геннадиевна – младший научный сотрудник лаборатории агрохимии, e-mail: kseniajajceva393@gmail.com  
 Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. С. Немцева, пос. Тимирязевский, Ульяновский район, Ульяновская область, Россия.

#### DYNAMICS OF NPK COMPLEX IN SOIL DEPENDING ON FORMS OF FERTILIZERS AND THEIR COMBINATIONS

G. V. Ermolaeva, K. G. Zaytseva

**Abstract.** The research was carried out to study the influence of different forms of fertilizers and their

combinations on the content of mobile forms of basic nutrients in the soil and the yield of oats. The work was carried out in the forest-steppe of Volga region in 2019-2021. The objects of study: chernozem heavy loamy soil, oat plants of Rysak variety. The experimental design involved studying the following options: basic nitrogen fertilizer (factor A) - without nitrogen fertilizers, ammonium nitrate (N<sub>34,4</sub>); pre-sowing complex fertilizer (factor B) - without fertilizers, BisolbiFit, azophosphate in full dose (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>), biomodified azophosphate in full (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15M</sub>) and half (N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5M</sub>) doses. The field experiment was carried out in 3 repetitions in a crop rotation of pure fallow - winter wheat - spring wheat - barley - oats. The most rational was the combination of N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15M</sub> with the addition of ammonium nitrate, which ensured the formation of an average oat yield over the years of research at the level of 2.71 t/ha. All fertilizers studied in the experiment led to an increase in the value of this indicator, which was 2.28...2.28 t/ha without nitrogen, and 2.50...2.64 t/ha with nitrogen. The best nitrification ability against the background without nitrogen was noted in the variant with biomodified azofoska (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15M</sub>), in which the content of nitrate nitrogen in the soil was 41.0% higher than in the variant without fertilizers. When using BisolbiFit, the value of this indicator increased by 21.4%, in variants with N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> and N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5M</sub> - by 16.0...16.7%. Biomodified azofoska contributed to improving the supply of soil under oats with mobile phosphorus and potassium by 4.3...4.9 and 4.0...5.6%, respectively, compared to other options. When ammonium nitrate was applied at a dose of N<sub>34,4</sub>, the content of nitrate nitrogen, compared with the background where nitrogen fertilizers were not used, increased on average by 5.1% over the background, mobile phosphorus and potassium - by 1.7% and 12.6, respectively %.

**Key words:** azofoska, ammonium nitrate, BisolbiFit, oats (*Avena sativa L.*), nutrients, yield.

#### References

1. Akimenko AS, Sviridov VI, Dolgopolova NV. [Barley yield in the conditions of the central Black Earth region depending on the level of fertilization and the degree of biologization in crop rotations]. *Zemledelie*. 2022; 6. 3-7 p. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7.
2. Tsygutkin AS, Vashieva MG, Shishkov DG [Features of setting up a field experiment with mineral fertilizers based on an incomplete factorial scheme 1/9 (6x6x6)]. *Zemledelie*. 2022; 6. 22-25 p. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-22-26.
3. Shafran SA. [Improving the regulatory and reference base for determining the need for agricultural crops in mineral fertilizers]. *Agrohimiya*. 2019; 7. 27-34 p. doi: 10.1134/s0002188119070111.
4. Ohkama-Ohtsu N, Wasaki J. [Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms]. *Plant Cell Physiol*. 2010; Vol. 51. 1255-1264 p.
5. Savdur SN, Sharipova RT, Dmitrieva P.A. [Modeling the production system for biological products for crop production]. V sbornike: *Biologicheskaya zashchita rastenij s ispol'zovaniem genomnykh tekhnologij*. Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kazan'. 2022; 241-247 p.
6. Van Loon LC. Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria. *Eur. J. Plant Pathol*. 2007; Vol.119. 243-254 p.
7. Chuyan NA, Breskina GM, Kuznetsov AA. [Change in the biological activity of typical chernozem from the action of biological products and mineral fertilizers]. *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2021; 1 (379). 12-16 p. doi: 10.24412/2587-6740-2021-1-12-16.
8. Zavalin AA, Vinogradova LV. Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazo-trophs on the productivity of cereals. *Plant microbial interaction: positive interactions in relation to crop production and utilization, aspects of applied Biology*. 2001; Vol.63. 123-127 p.
9. Gavrilova AYU, Chernova LS, Zavalin AA. [Influence of complex mineral fertilizers and BisolbiFit biological product on the yield and grain quality of spring barley]. *Plodoriidie*. 2019; 4 (109). 3-5 p. doi: 10.25680/519948603.2019.109.01.
10. Saydyasheva GV, Zaytseva KG. [Efficiency of biomineral fertilizer of a microbiological preparation on spring barley in the conditions of the forest-steppe of the Volga region]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; Vol.16. 2(62). 39-42 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-30-42.
11. Sukhova NV, Efremova SYu, Vizirskaya SV. [The influence of biomodified mineral fertilizers on the productivity of agrobiocenosis]. *Samarskiy nauchnyy vestnik*. 2022; Vol.11. 2: 124-129 p. doi:10.55355/snv2022111218
12. Leshcheva LA. [The influence of biomineral fertilizer on the formation of biometric indicators and the yield of oats in the conditions of the Priobskaya forest-steppe zone]. *Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; 2:17-21 p.
13. Vazhenin IG, Karaseva GI. [On the forms of potassium in the soil and potassium nutrition]. *Pochvovedenie*. 1959; 3: 12-21 p.
14. Karabutov AP, Solovichenko VD, Nikitin VV. [Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations]. *Zemledelie*. 2019; 2: 3-7 p. doi:10.24411/0044-3913-2019-10201

#### Authors:

Ermolaeva Galina Vladimirovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Head of Agrochemistry laboratory, e-mail: galina\_83@list.ru

Zaytseva Kseniya Gennadievna – junior researcher of Agrochemistry laboratory, e-mail: kseniazajceva393@gmail.com  
Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtsev, Timiryazevsky settlement, Ulyanovsk district, Ulyanovsk region, Russia.