

УДК 631.811.1 : 631.816.3

## ПРИМЕНЕНИЕ БИМОЛИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

© 2022 С.Н. Никитин, Г.В. Сайдяшева

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева,  
г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 18.08.2022

В ходе трехлетних исследований установлено, что на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом без внесения удобрений можно получить урожайность зерна ярового ячменя 2,67 т/га. Внесение минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолБиФит повысило урожайность зерна на 0,06–0,54 т/га или на 2,2–20,2 %.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, ячмень яровой, урожайность, биопрепараты.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-2-62-66

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применение бактериальных препаратов в сельском хозяйстве – как дополнительный источник азотного питания, приобретает большую актуальность из-за резкого сокращения применения минеральных удобрений в связи с высокой их стоимостью [1].

Многочисленными исследованиями [2, 3] за последнее время показано значительное увеличение урожая различных сельскохозяйственных культур при инокуляции семян бактериальными препаратами. Отмечено [4–6], что положительное действие микроорганизмов обусловлено не только улучшением азотного питания растений за счет азотфиксации, но и воздействием физиологически активных веществ, так же они не оказывают химическую нагрузку на состояние окружающей среды и экономически эффективны.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Закладка полевого опыта проводилась в 3-х кратной повторности зернопарового севооборота. Схема севооборота следующая: 1. Чистый пар; 2. Озимая пшеница; 3. Яровая пшеница; 4. Яровой ячмень; 5. Овес.

Полевой опыт закладывался согласно разработанной схеме. Размещение делянок систематическое. Общая площадь делянки (5,8×25) = 145 м<sup>2</sup>, площадь учетной делянки (4×25) = 100 м<sup>2</sup>. Предшественник ячменя – яровая пшеница, сорт ячменя – Нутанс 553.

Изучение эффективности минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата оценивалась на 2-х фонах. Первый оставался как контроль (нулевой фон). На втором фоне под предпосевную культивацию вносили аммиачную селитру ( $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3_{\text{м}}$ ) в дозе 20 кг д.в. на га обработанную микробиологическим препаратом БисолБиФит.

Семена ячменя перед посевом обрабатывали биопрепаратом БисолБиФит из расчета 600 г на гектарную норму семян. Бактериальный препарат был получен из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии.

Почва опытного поля – черноземе выщелоченный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 6,27 %, общего азота 0,26 %, подвижного фосфора и обменного калия 235–291 мг/кг и 95–138 мг/кг почвы соответственно, реакция почвенного раствора 6,2–6,9 единиц рН<sub>к<sub>с</sub>l</sub>, степень насыщенности основаниями 96,9–97,2 %, суммой поглощенных оснований 39,7–42,2 мг экв. на 100 г. почвы.

При проведении учетов, наблюдений и анализов использовали следующие методы и методики: содержание гумуса в почве ГОСТ 26213-91, подвижного фосфора ГОСТ 26204-91, обменного калия ГОСТ 26204-91, реакция почвенного раствора ГОСТ 26483-85, степень насыщенности основаниями ГОСТ 27821-88, учет урожая методом сплошного обмолота с переводом на 14 % влажность и 100 % чистоту ГОСТ 27548-97.

Статистическую обработку данных (экспериментальных) проводили методом однофакторного дисперсионного анализа (p=0,05) с вычислением значений средних, НСР и критерия Фишера для оценки существенной разницы между средними с использованием программы AGROS209.

*Никитин Сергей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке.  
E-mail: S\_nikitin@mail.ru  
Сайдяшева Галина Владимировна.  
E-mail: Galina\_83@list.ru*

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Под элементами урожая имеют в виду продуктивные органы и признаки растений, которые создают и определяют величину урожая. Для пшеницы основными элементами урожая являются: количество растений на единице площади и продуктивность одного растения. Продуктивность складывается из отдельных элементов из количества продуктивных стеблей, числа зерен, массы тысячи зерен, длины колоса и массы зерна с колоса. Каждый из этих элементов урожая под воздействием условий среды может изменяться в большую или меньшую сторону. Это влечет за собой увеличение или снижение урожая зерна [2, 5].

Анализ данных по влиянию минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолБиФит на структурные показатели урожайности культуры позволил нам прийти к выводу, что изменение условий питания культуры неоднозначно влияло на ряд показателей (табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют, что в среднем за 3 года на нулевом фоне на контрольном варианте, количество растений на 1 м<sup>2</sup> составило 300 штук, а на удобренных вариантах 322–345 штук, на фоне с внесением половинной дозы аммиачной селитры внесенной под предпосевную культивацию ( $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3_m$ ), количество продуктивных стеблей повышалось с 319 до 359 шт./м<sup>2</sup>, что в последующем и определило более высокую урожайность. Наибольшее число продуктивных стеблей сформировалось на вариантах  $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$  соответственно 345, 359 шт./м<sup>2</sup>.

В среднем за 3 года исследований под влиянием удобрений количество растений на единице площади изменялось от 171 до 189 шт./м<sup>2</sup>.

Улучшение условий минерального питания растений ярового ячменя за счет внесения азотфоски, а также применения микробиологического препарата БисолБиФит, как на естественном фоне, так и на фоне  $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3_m$  способствовало увеличению продуктивной кустистости с 1,6 до 2,1. Озерненность колоса при внесении минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолБиФит увеличивалась на – 0,4–2,2 шт. (фон 1); 0,3–1,6 г. (фон 2).

При внесении под яровой ячмень всех изучаемых форм удобрений, масса зерна с колоса в среднем по фону на нулевом фоне составила 0,94 г., на фоне с внесением половинной дозы модифицированной аммиачной селитры 1,04 г.

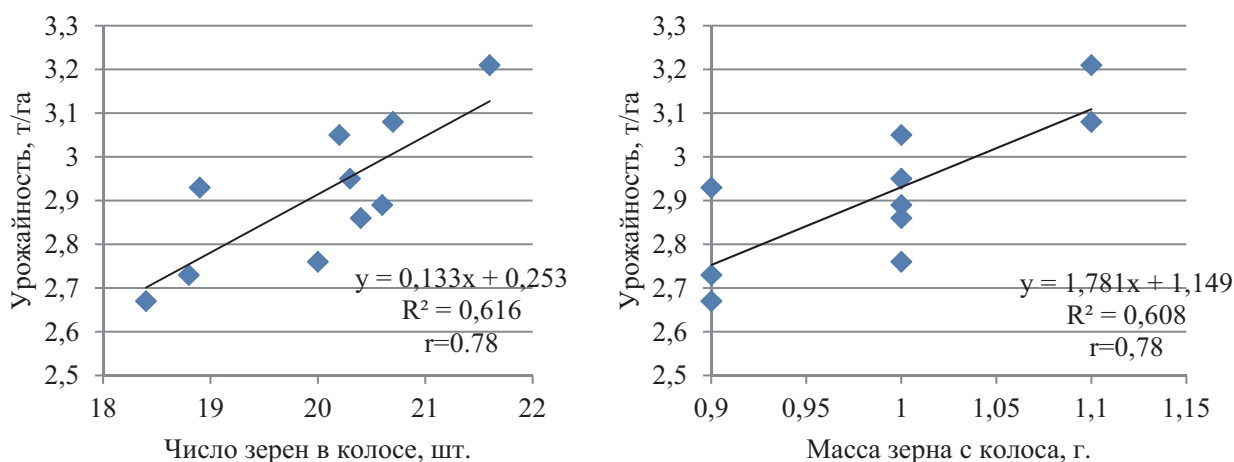
В большей степени число и масса зерен в колосе увеличивалась на варианте  $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$ , причем на всех изучаемых фонах.

Корреляционный анализ позволил определить взаимосвязь урожайности ярового ячменя с элементами структуры урожая (рис. 1). В среднем за 2015–2017 гг. она находилась в высокой связи с количеством продуктивных стеблей на единице площади ( $r = 0,93$ ), массой зерна с колоса ( $r = 0,78$ ) и числом зерен в колосе ( $r = 0,78$ ). Не было обнаружено достоверной связи урожайности зерна с количеством растений на единице площади ( $r = -0,64$ ).

**Урожайность.** Величина и качество урожая сельскохозяйственных культур являются результатом сложнейших физиолого-биохимических реакций, протекающих в процессе онтогенеза в органах растений. Направленность этих процессов определяется, с одной стороны, генетическими свойствами данного растения, с другой, условиями внешней среды [6, 7].

**Таблица 1.** Величина изменчивости признаков ярового ячменя в зависимости от биомодифицированных удобрений

Вариант	Кол-во растений шт./м <sup>2</sup>	Кол-во Продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г.
Фон 1 – нулевой					
1. Контроль	187	300	1,6	18,4	0,9
2. БисолБиФит	189	322	1,7	18,8	0,9
3. $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	178	339	1,9	18,9	0,9
4. $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$	182	345	2,0	20,2	1,0
5. $\frac{1}{2}\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$	174	331	1,9	20,6	1,0
<b>Среднее по фону</b>	<b>182</b>	<b>327</b>	<b>1,8</b>	<b>19,4</b>	<b>0,94</b>
Фон 2 – $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3_m$					
1. Контроль	177	319	1,8	20,0	1,0
2. БисолБиФит	176	335	1,9	20,4	1,0
3. $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	178	356	2,0	20,7	1,1
4. $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$	171	359	2,1	21,6	1,1
5. $\frac{1}{2}\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15m}$	176	352	2,0	20,3	1,0
<b>Среднее по фону</b>	<b>176</b>	<b>344</b>	<b>2,0</b>	<b>20,6</b>	<b>1,04</b>



**Рис. 1.** Зависимость урожайности ярового ячменя от элементов структуры урожая, среднее за 3 года

В среднем за три года исследований, при внесении изучаемых удобрений и биопрепарата урожайность ячменя ярового возрастала на всех изучаемых фонах (табл. 2). Урожайность зерна ярового ячменя изменялась от 2,67 до 3,21 т/га, без удобрений в среднем по фону составила 2,85 т/га, при внесении  $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$  – 3,0 т/га. Следовательно, внесение  $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$  под предпосевную культивацию способствовало увеличению сбора зерна на 0,15 т/га.

Инокуляция семян биопрепаратом БисолБифит обеспечила получение урожайности ячменя практически в таких же размерах, как внесение половинной дозы биомодифицированной азофоски ( $\frac{1}{2}N_{15}P_{15}K_{15m}$ ).

Внесение азофоски в чистом виде ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ), обеспечило повышение урожайности зерна по отношению к контролю на 0,26–0,41 т/га или на 9,7–15,4 %.

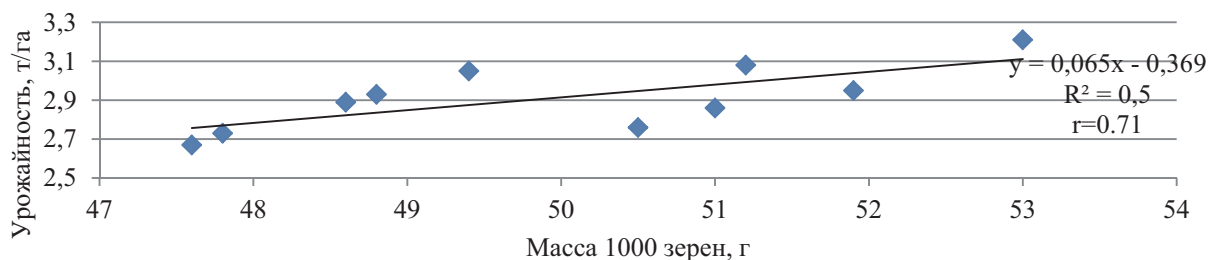
Наилучшие условия для формирования урожайности складывались на варианте с применением микробиологического препарата совместно с минеральным удобрением ( $N_{15}P_{15}K_{15m}$ ), прибавка составила на нулевом фоне – 14,2 %, на фоне  $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$  – 20,2 %.

Так же было установлено, что наиболее высокая урожайность зерна (2,76–3,21 т/га) была получена на фоне с внесением аммиачной селитры ( $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$ ) в дозе 20 кг д.в. на га обработанной микробиологическим препаратом БисолБифит.

Повышение урожайности зерна ячменя было связано в первую очередь с увеличением количества продуктивных стеблей на единицу площади посева. На контрольном варианте на нулевом фоне количество продуктивных стеблей составило 300 шт./м<sup>2</sup>, на фоне  $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$  внесенную под предпосевную культивацию 319 шт./м<sup>2</sup>.

**Таблица 2.** Урожайность и качество зерна ярового ячменя при биомодифицированных удобрениях

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %
		т/га	%		
Фон 1 – нулевой					
1. Контроль	2,67	–	–	47,6	13,1
2. БисолБифит	2,73	0,06	2,2	47,8	12,9
3. $N_{15}P_{15}K_{15}$	2,93	0,26	9,7	48,8	12,5
4. $N_{15}P_{15}K_{15m}$	3,05	0,38	14,2	49,4	12,3
5. $\frac{1}{2}N_{15}P_{15}K_{15m}$	2,89	0,22	8,2	48,6	12,5
<b>Среднее по фону</b>	<b>2,85</b>			<b>48,4</b>	<b>12,7</b>
Фон 2 – $\frac{1}{2}NH_4NO_3_m$					
1. Контроль	2,76	0,09	3,4	50,5	12,5
2. БисолБифит	2,86	0,19	7,1	51,0	12,3
3. $N_{15}P_{15}K_{15}$	3,08	0,41	15,4	51,2	12,0
4. $N_{15}P_{15}K_{15m}$	3,21	0,54	20,2	53,0	11,8
5. $\frac{1}{2}N_{15}P_{15}K_{15m}$	2,95	0,28	10,5	51,9	12,0
<b>Среднее по фону</b>	<b>3,0</b>			<b>51,5</b>	<b>12,1</b>
<b>НСР<sub>05</sub></b> Фактор А – 0,08; Фактор В – 0,07 Фактор АВ – 0,14					



**Рис. 2.** График уравнения линейной регрессии зависимости урожайности зерна от массы 1000 зерен

Урожайность зерновых культур определяется не только плотностью стеблестоя на единице площади посева, но и продуктивностью отдельного растения, которая оценивается такими показателями, как количество зерен в колосе и масса зерна с одного колоса.

Выполненность колоса повышается с улучшением обеспеченности растений питательными веществами. Внесение удобрений способствует улучшению режима питания растений, повышает величину и озерненность колоса.

Эффект увеличения урожайности был связан с лучшим наливом зерна, что подтвердило увеличение массы 100 зерен и числа зерен в колосе. Увеличение массы 100 зерен происходило при действии, как азотных удобрений, так и инокуляции семян.

**Качество зерна.** Значительное воздействие на массу 1000 зерен оказали погодные условия и условия минерального питания. Погодные условия 2015 г. позволили сформировать массу 1000 зерен в пределах 46,4–52,4 г, в 2016 г. 47,2–53,1 г, и в 2017 г. 49,2–54,1 г.

Внесение удобрений и биопрепарата Бисол-Бифит позволило увеличить массу 1000 зерен по сравнению с контрольным вариантом на нулевом фоне на 1,0 г, на фоне  $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3$  на 1,5 г.

В среднем за 3 года, масса 1000 зерен изменялась в пределах 47,6–53,0 г. По сравнению с нулевым фоном масса 1000 зерен от внесения минеральных, биоминеральных удобрений, и биопрепарата возрастала на фоне  $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3$  с 50,5 до 51,0–53,0 г. или на 3 %.

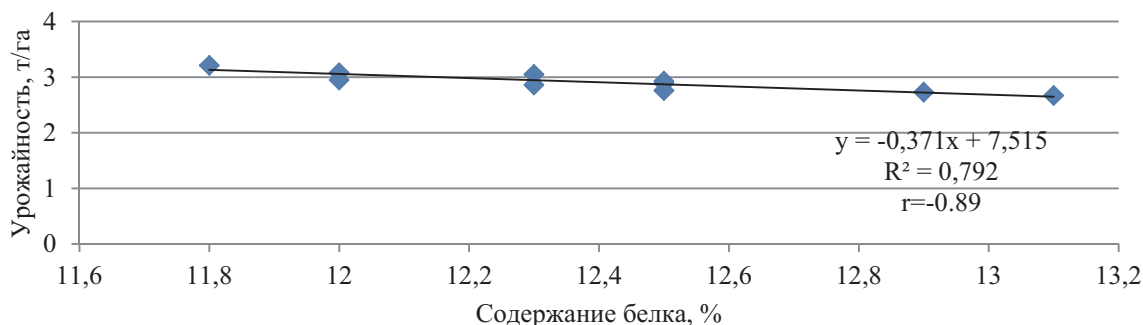
Проведенный корреляционный анализ выявил, что масса 1000 зерен положительно коррелировала с урожайностью ( $r = 0.71$ ) и находилась в отрицательной корреляции с содержанием белка ( $r = -0.91$ ) (рис. 2).

Исследования показали, что с повышением урожайности наблюдалось определенное снижение содержания белка в зерне ячменя. Содержание белка в зерне ячменя варьировало от 11,8 до 13,1 % и в среднем по опыту находилось на уровне 12,4 %. Коэффициент корреляции между урожайностью и содержанием белка составил  $r = -0.89$ , что подтверждает мнение о том, что с повышением урожайности зерна наблюдается снижение содержания белка (рис. 3).

Наиболее лучшие условия для налива семян могут быть связаны, как с ростостимулирующим действием биопрепаратов, так и улучшением минерального питания растений в результате усиления поглощения элементов питания из почвы и фиксации микроорганизмами азота атмосферы [2, 8].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Улучшение условий питания ячменя за счет внесения минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата Бисол-Бифит обеспечивало повышение урожайности на нулевом фоне с 2,67 до 3,05 т/га, на фоне  $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3$  с 2,76 до 3,2 т/га. Масса 1000 зерен возрастала с 47,6 до 53,0 г. Содержание белка в зерне ячменя варьировало от 11,8 до 13,1 % и в среднем по опыту находилось на уровне 12,4 %.



**Рис. 3.** График уравнения линейной регрессии зависимости урожайности зерна от содержания белка в зерне

Более высокие показатели по урожайности (2,76–3,21 т/га) и массе 1000 зерен (50,5–53,0 г.) были получены на фоне с внесением аммиачной селитры ( $\frac{1}{2}\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) в дозе 20 кг д.в. на га обработанной микробиологическим препаратом БиолБиФит.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завалин, А.А. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России / А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская // *Агрохимия*. – 2012. – № 6. – С. 32-37.
2. Гаврилова, Ю.А. Эффективность применения сложных биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис. канд.с.-х. наук / Ю.А. Гаврилова. – Москва, 2018. – 20 с.
3. Куликова, А.Х. Влияние удобрений на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном при возделывании культур в зернопаровом севообороте / А.Х. Куликова, С.Н. Никитин, Г.В. Сайдышева // *Агрохимия*. – 2017. – № 12. – С. 7-15.
4. Лебедев, В.Н. Перспективность инокуляции семян горчицы белой и сарептской ассоциативными азотфиксирующими штаммами ризобактерий / В.Н. Лебедев, Г.А. Ураев // *Пермский аграрный вестник*. – 2015. – №3 (11). – С.21-25.
5. Надежкина, Е.В. Влияние ризосферных бактерий на формирование урожая зерна проса / Е.В. Надежкина, Е.Г. Сильнова // *Агрохимия*. – 2001. – № 6. – С. 40-43.
6. Никитин, С.Н. Эффективность применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / С.Н. Никитин. Ульяновск, 2015.
7. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
8. Толстопятова, Н.Г. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на зерновую продуктивность ячменя с подсевом трав / Н.Г. Толстопятова // *Агрохимия*. – 2002. – № 12. – С. 47-50.

### APPLICATION OF BIOMOLIFIED MINERAL FERTILIZERS FOR SPRING BARLEY GROWING

© 2022 S.N. Nikitin, G.V. Saydyasheva

Samara Federal Research Scientific Center RAS,  
Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute named after N.S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia

During the three-year studies determined that on leached chernozem heavy loam with fertilizer, you can get the grain yield of spring barley of 2.67 t/ha application of mineral, biomineral fertilizers and biopreparation Bisolbifit increased the grain yield of 0.06 to 0.54 t/ha or 2.2–20,2 %.

*Key words:* mineral fertilizers, spring barley, productivity, biopreparations.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-2-62-66

### REFERENCES

1. Zavalin, A.A. Vklad biologicheskogo azota bobovykh kul'tur v azotnyj balans zemledeliya Rossii / A.A. Zavalin, G.G. Blagoveshchenskaya // *Agrohimiya*. – 2012. – № 6. – S. 32-37.
2. Gavrilova, Yu.A. Effektivnost' primeneniya slozhnykh biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobrenij pod yachmen' na dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochve: dis. kand.s.-h. nauk / Yu.A. Gavrilova. – Moskva, 2018. – 20 s.
3. Kulikova, A.H. Vliyanie udobrenij na sodержanie i balans gumusa v chernozeme vyshchelochennom pri vozdel'nyvanii kul'tur v zernoparovom sevooborote / A.H. Kulikova, S.N. Nikitin, G.V. Sajdyasheva // *Agrohimiya*. – 2017. – № 12. – S. 7-15.
4. Lebedev, V.N. Perspektivnost' inokulyacii semyan gorchicy beloij i sareptskoj associativnymi azotfiksiruyushchimi shtammami rizobakterij / V.N. Lebedev, G.A. Uraev // *Permskij agrarnyj vestnik*. – 2015. – № 3(11). – S.21-25.
5. Nadezhkina, E.V. Vliyanie rizosfernykh bakterij na formirovanie urozhaya zerna prosa / E.V. Nadezhkina, E.G. Sil'nova // *Agrohimiya*. – 2001. – № 6. – S. 40-43.
6. Nikitin, S.N. Effektivnost' primeneniya udobrenij, biopreparatov i diatomita v lesostepi Srednego Povolzh'ya: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk / S.N. Nikitin. Ul'yanovsk, 2015.
7. Tihonovich, I.A. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve (metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve) / I.A. Tihonovich, A.P. Kozhemyakov, V.K. Chebotar' [i dr.]. M.: Rossel'hozakademiya, 2005. – 154 s.
8. Tolstopyatova, N.G. Vliyanie biopreparatov i azotnogo udobreniya na zernovuyu produktivnost' yachmenya s podsevom trav / N.G. Tolstopyatova // *Agrohimiya*. – 2002. – № 12. – S. 47-50.

Sergey Nikitin, Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director for Science. E-mail: S\_nikitin@mail.ru  
Galina Saydyasheva. E-mail: Galina\_83@list.ru