

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ\*

А.А. Алферов<sup>1</sup>, доктор биологических наук, С.Н. Никитин<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, Л.С. Чернова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, А.А. Завалин<sup>1</sup>, академик РАН

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а  
E-mail: alferov72@yandex.ru

<sup>2</sup>Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Самарского научного центра РАН, 433315, Ульяновская обл., Ульяновский р-он, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19

*Исследования проводили с целью изучения влияния новых биопрепаратов на основе ризосферных микроорганизмов на урожай и качество зерна яровой пшеницы. Работу выполняли в 2018–2020 гг. в Ульяновской области на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом в микрополевым опыте в сосудах без дна площадью 0,018 м<sup>2</sup>. Схема опыта: P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (контроль) – фон 1; фон 1 + штамм КЛ-10; фон 1 + штамм 17-1; фон 1 + Ризоагрин; N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> – фон 2; фон 2 + штамм КЛ-10; фон 2 + штамм 17-1; фон 2 + Ризоагрин; N<sub>90</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. Предпосевная инокуляция семян яровой пшеницы новыми биопрепаратами на основе штаммов ассоциативных ризобактерий увеличивает массу зерна на 19...22 %. Прибавки от используемого в качестве стандарта биопрепарата Ризоагрин на РК-фоне составили 66 г/м<sup>2</sup> (+13 % к контролю), от штамма КЛ-10–98 г/м<sup>2</sup> (+19 %), от штамма 17-1 – 113 г/м<sup>2</sup> (+22 %). На NPK-фоне наибольшей эффективностью обладал биопрепарат на основе штамма 17-1 – 80 г/м<sup>2</sup> (+15 %). Максимальная в опыте урожайность отмечена от N<sub>90</sub>– 789 г/м<sup>2</sup> (+ 51 %), от N<sub>45</sub>– 647 г/м<sup>2</sup> (+ 24 %), что сравнимо с применением штамма 17-1 (636 г/м<sup>2</sup>). Сбор сырого белка возрастал от внесения N<sub>90</sub> на 80 % вследствие улучшения азотного питания растений яровой пшеницы, от применения биопрепаратов или N<sub>45</sub> – на 25...32 %. Использование азотного удобрения и биопрепаратов положительно повлияло на накопление в зерне потребленного азота, увеличивая азотный индекс (долю накопленного в зерне азота от общего его накопления в урожае) с 64 % до 71 %, повышая окупаемость азота аммиачной селитры прибавкой урожая зерна на 52...67 %.*

## EFFICIENCY OF APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZERS AND BIOLOGICAL PRODUCTS ON SPRING WHEAT

A.A. Alferov<sup>1</sup>, S.N. Nikitin<sup>2</sup>, L.S. Chernova<sup>1</sup>, A.A. Zavalin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, 127434, Moskva, ul. Pryanishnikova, 31 a  
E-mail: alferov72@yandex.ru

<sup>2</sup>Ulyanovsk Research Agricultural Institute, branch of Samara Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 433315, Ul'yankovskaya obl., Ul'yankovskii r-n, pos. Timiryazevskoe, ul. Institutskaya, 19

*The research was carried out in order to study the new biologics' effect based on rhizosphere microorganisms on the yield and the spring wheat grain's quality. The work was carried out in 2018–2020 in the Ulyanovsk region on leached heavy loam chernozem in a microfield experiment in vessels without a bottom with an area of 0.018 m<sup>2</sup>. The experiment's scheme: Background 1: P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (control); Background 1+ Strain KL-10; Background 1+ Strain 17-1; Background 1+ Rhyzoagrין; Background 2: N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>; Background 2+ Strain KL-10; Background 2+ Strain 17-1; Background 2+ Rhyzoagrין; N<sub>90</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. It was discovered that pre-sowing inoculation of spring wheat seeds with new biological preparations based on associative rhizobacteria's strains increases grain weight by 19...22 %. The increases from the Rhyzoagrין biologics' using on P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> as a standard averaged 66 g/m<sup>2</sup> (+13 % to Background 1), from strain KL-10–98 g/m<sup>2</sup> (+19 %), strain 17-1 – 113 g/m<sup>2</sup> (+22 %). Based on NPK-one of the most common in pollination, which contains a biological product based on nitric oxide 17-1 – 80 g / m<sup>2</sup> (+15 %). The maximum yield obtained from N<sub>90</sub>–789 g/m<sup>2</sup> (+51 %), from N<sub>45</sub>–647 g/m<sup>2</sup> (+ 24 %), that is comparable to 17-1 (636 g/m<sup>2</sup>). The raw protein's collection increased from the introduction of N<sub>90</sub> to 80 % as a result of exposure to nitrogen nutrition, crop production, from the biological products' usage or N<sub>45</sub> – by 25...32 %. The nitrogen fertilizers' using and biologics positively affected the accumulation of nitrogen consumed in the grain, increasing the nitrogen index (the share of nitrogen accumulated in the grain from its total accumulation in the crop) from 64 % to 71 %, increasing the ammonium nitrate nitrogen's payback with the grain harvest's growth by 52 ...67 %.*

**Ключевые слова:** яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), биопрепараты, азотные удобрения, сырой белок, масса зерна.

**Key words:** spring wheat (*Triticum aestivum* L.), biopreparations, nitrogen fertilizers, raw protein, grain weight

Урожайность сельскохозяйственных культур – интегральный показатель, лимитируемый многими факторами, среди которых важное значение отводится обеспеченности растений азотом [1, 2, 3]. На протяжении последних 30 лет в России применение в сельском хозяйстве мине-

ральных и органических удобрений не позволяет обеспечить оптимальный баланс азота [4, 5]. Ежегодное отрицательное сальдо баланса азота составляет 34...50 кг/га [6]. Это не позволяет существенно повышать продуктивность сельскохозяйственных растений и отрицательно сказыва-

\*работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-016-00200.

ется на их устойчивости к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Как следствие возрастает вариативность размеров урожая по годам. К этому необходимо добавить, что он формируется преимущественно благодаря естественному плодородию (2/3 необходимого азота растения получают из азотного пула почвы, создаваемого и поддерживаемого деятельностью разных групп диазотрофов) и при недостатке применения удобрений влечет за собой угрозу усиления деградиционных процессов почв сельскохозяйственных угодий.

Одним из технологических приемов, направленных на решение перечисленных проблем, может стать применение биопрепаратов, созданных на основе ризобактерий, стимулирующих рост сельскохозяйственных культур (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria – PGPR-бактерий) [7] благодаря образованию биологически активных веществ, способности к азотфиксации, улучшению водного и минерального питания растений, предотвращению или уменьшению роста фитопатогенов [8, 9, 10]. В этой связи создание новых штаммов PGPR-бактерий и потребность в изучении их взаимодействия с растениями, наряду с применением удобрений, представляют несомненный научный и практический интерес для разработки элементов современных агротехнологий в конкретных почвенно-климатических условиях и оптимизации агроэкосистем [11, 12, 13].

Цель исследования – научно обосновать эффективность использования новых биопрепаратов на основе ризосферных микроорганизмов в сочетании с применением минеральных удобрений на яровой пшенице.

**Методика.** Исследования проводили в Ульяновской области на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом со следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  – 6,7, сумма поглощенных оснований – 42,7 ммоль/100 г; содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) – 6,62 %, общего азота – 0,21 %, подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Чирикову) – соответственно 226 и 127 мг/кг.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:  $P_{45}K_{45}$  (контроль) – фон 1; фон 1 + штамм КЛ-10; фон 1 + штамм 17–1; фон 1 + Ризоагрин;  $N_{45}P_{45}K_{45}$  – фон 2; фон 2 + штамм КЛ-10; фон 2 + штамм 17–1; фон 2 + Ризоагрин;  $N_{90}P_{45}K_{45}$ .

Изучали биопрепараты, разработанные во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии на основе штаммов ассоциативных ризобактерий КЛ-10 и 17–1. В качестве стандарта был выбран Ризоагрин – препарат, созданный на основе штамма ассоциативных азотфиксирующих бактерий. Более подробные характеристики биопрепаратов и методика проведения исследований были представлены ранее [14]. Семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Симбирцит инокулировали биопрепаратами ризосферных бактерий в день посева. Микрополевой опыт проводили в сосудах без дна площадью 0,018 м<sup>2</sup>, что обусловлено использованием азотного удобрения, меченого стабильным изотопом <sup>15</sup>N, что дает возможность определить вклад разных источников азота (удобрения, почвы, ассоциативного и «экстра»-азота) в формирование урожая яровой пшеницы. Исследования проводили в 2018–2020 гг.; повторность опыта – 6-кратная. Для лучшего восприятия соответствующие результаты опыта даны в пересчете на г/м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения вносили при набивке сосудов почвой. В качестве азотного удобрения применяли аммиачную селитру <sup>15</sup>NH<sub>4</sub><sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (Наа) с обогащением 54,04 ат. % в дозе 81 мг/сосуд и 162 мг/сосуд, что соответствует 45 и 90 кг N/га, суперфосфат двойной и хлористый калий – в дозах  $P_{45}$  и  $K_{45}$  в качестве фона. Агрономическую эффективность применения азотного удобрения рассчитывали по величине

прибавки урожайности, полученной от внесенной дозы N [15]. Коэффициент хозяйственной эффективности урожая (Кхоз) определяли, как долю основной продукции (зерно) в общебиологическом урожае (зерно + солома).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили дисперсионным методом по модели двухфакторного полевого опыта с использованием программ Excel и Statistica. Достоверность различий оценивали по *F*-критерию Фишера.

Вегетационные периоды в годы исследований различались по метеорологическим условиям, что оказало влияние на эффективность удобрений и биопрепаратов на яровой пшенице. Отличительная особенность периода вегетации 2018 г. – неравномерное распределение атмосферных осадков по месяцам при повышенной температуре воздуха. ГТК за вегетационный период яровой пшеницы составил 0,5. Температура воздуха в мае–июне 2019 г. была на 1,6...3,9 °C выше среднепогодной, что в сочетании с низким количеством выпавших осадков (44 % от климатической нормы) приводило к ускорению прохождения фаз развития растений и не позволило им сформировать значительную биомассу. Погодные условия июля–августа 2019 г. находились на уровне климатической нормы. ГТК за период вегетации яровой пшеницы был равен 0,9. Агрометеорологические условия вегетационного периода 2020 г. сложились благоприятно, температура воздуха была близка к климатической норме при достаточном выпадении осадков (+12 % к среднепогодному значению).

**Результаты и обсуждение.** Различия в погодных условиях периодов вегетации яровой пшеницы способствовали варьированию (11...13 % от среднего значения за 3 года) массы зерна в варианте  $P_{45}K_{45}$  по годам от 462,7 г/м<sup>2</sup> в 2018 г. и 514,8 г/м<sup>2</sup> в 2019 г., до 592,0 г/м<sup>2</sup> в 2020 г. Более низкая урожайность в 2018 и 2019 гг. обусловлена уменьшением числа зерен в колосе на 50...80 % и массы 1000 зерен на 10...14 %. В среднем за 3 года исследования масса зерна в варианте  $P_{45}K_{45}$  составила 523,1 г/м<sup>2</sup> (табл. 1). Улучшение азотного питания растений яровой пшеницы при внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{45}$  способствовало ее увеличению на 24 %, а при дозе  $N_{90}$  – на 51 %. Инокуляция посевного материала яровой пшеницы биопрепаратами содействовала росту зерновой продуктивности на фоне  $P_{45}K_{45}$ : в варианте с Ризоагрином – на 13 %, штаммом КЛ-10 – на 19 % и штаммом 17–1 – на 22 %. При внесении полного минерального удобрения в дозе  $N_{45}P_{45}K_{45}$  масса зерна от инокуляции биопрепаратами увеличилась соответственно на 11 %, 13 % и 15 %. То есть, прибавка урожая зерна от их применения была меньше, чем от внесения азотного удобрения  $N_{45}$ , что вызвано низким содержанием в почве доступных для растений соединений азота [2, 3].

Одним из показателей, позволяющих оценить эффект применяемого агроприема, выступает коэффициент хозяйственной эффективности урожая ( $K_{хоз}$ ). Повышение его величины рассматривается как результат улучшения реутилизации пластических веществ в колос, лучшей ассимиляции и продуктивности фотосинтеза [16]. В 2020 г. в условиях благоприятного температурного и водного режимов величина коэффициента хозяйственной эффективности урожая была наибольшей – 0,59...0,69. В 2018 и в 2019 г. из-за недостаточного количества осадков  $K_{хоз}$  снизилось до 0,44...0,46. В среднем за три года внесение азотного удобрения в дозе  $N_{90}$  оказало наибольшее влияние на  $K_{хоз}$ . Благодаря повышению доли зерна в общебиологическом урожае при применении  $N_{90}P_{45}K_{45}$  величина

**Табл. 1. Эффективность применения удобрений и биопрепаратов на яровой пшенице (среднее за 2018–2020 гг.)**

Вариант	Масса зерна, г/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю, %	K <sub>хоз</sub>	Содержание N, %		Содержание сырого белка в зерне, %	Сбор сырого белка, г/м <sup>2</sup>	Азотный индекс, %	Окупаемость N прибавкой урожая, кг/кг
				зерно	солома				
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> (контроль) – фон 1	523,1	–	0,49	1,84	0,96	10,5	54,9	64	-
Фон 1 + Штамм КЛ-10	621,1	19	0,52	1,94	0,92	11,6	68,5	68	-
Фон 1 + Штамм 17-1	635,9	22	0,52	2,00	0,94	11,1	68,7	68	-
Фон 1 + Ризоагрин	589,4	13	0,51	2,04	0,96	11,4	72,5	67	-
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> – фон 2	646,7	24	0,51	1,95	0,91	11,1	71,9	67	27,4
Фон 2 + Штамм КЛ-10	719,1	37	0,49	1,98	1,02	11,4	80,4	65	43,6
Фон 2 + Штамм 17-1	727,3	39	0,51	2,05	0,94	11,3	81,2	68	45,4
Фон 2 + Ризоагрин	705,6	35	0,51	2,00	0,91	11,7	85,0	68	40,5
N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	789,0	51	0,53	2,14	0,91	12,2	96,2	71	29,5
P <sub>45</sub> %	2,63		3,31	2,53	3,91	-	-	-	-
HCP <sub>05</sub> А – удобрение	25,9		0,02	0,05	0,03	-	-	-	-
HCP <sub>05</sub> В – биопрепарат	18,3		0,02	0,06	0,04	-	-	-	-
HCP <sub>05</sub> частных различий	31,7		0,03	0,08	0,05	0,4	5,9	-	-

на K<sub>хоз</sub> составила 0,53, а при P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> – 0,49, что на 18 % больше. Существенных различий величины K<sub>хоз</sub> при применении РК-удобрений (0,49) и N<sub>45</sub>PK-удобрений (0,51) не установлено. При инокуляции семян яровой пшеницы биопрепаратами отмечена тенденция к росту K<sub>хоз</sub> до 0,52.

Эффективность применения удобрений и биопрепаратов определяет комплекс факторов – тип и плодородие почвы, метеорологические условия, генотипические особенности возделываемой культуры, а также условия питания растений (по содержанию и накоплению азота в урожае) [3, 17]. В проведенном эксперименте на черноземе выщелоченном содержание азота в зерне яровой пшеницы на РК-фоне находилось на уровне 1,84 %. Применение N<sub>45</sub> способствовало росту величины этого показателя на 0,1 %, N<sub>90</sub> – на 0,3 %. Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами на РК-фоне достоверно повышала содержание азота в зерне на 0,1...0,2 %. Концентрация азота в соломе яровой пшеницы в результате применения азотных удобрений снижалась из-за ростового разбавления, при инокуляции биопрепаратами – существенно не менялась, и только при использовании аммиачной селитры и штамма КЛ-10 – увеличилась на 0,11 %.

Содержание сырого белка в зерне зависит от условий возделывания и наследственности [2, 3, 17]. При недостатке влаги оно увеличивается, поэтому в засушливые 2018–2019 гг. величина этого показателя была выше среднееголетнего значения (10,5 %) и варьировала в пределах 11,0...13,3 %, а во влажном 2020 г. – меньше на 1,5...2,1 %. При внесении азотного удобрения в дозах N<sub>45</sub> и N<sub>90</sub> отмечена положительная тенденция. Инокуляция биопрепаратами на РК-фоне повысила содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы на 0,6...1,1 %. При применении азотного удобрения и инокуляции семян рост величины этого показателя выявлен только от Ризоагрин (+0,6 %). Сбор сырого белка повышался как от биопрепаратов, так и от азотных удобрений. При внесении N<sub>45</sub> он вырос на 30 %, при N<sub>90</sub> – на 75 %, от биопрепаратов на РК-фоне – на 25...32 %, на NPK-фоне – на 12...18 %.

Применение азотного удобрения и биопрепаратов положительно повлияло на распределение азота по органам растений яровой пшеницы – доля азота зерна от общего его накопления биомассой (азотный индекс) увеличилась до 67...71 %. На РК-фоне без биопрепаратов в зерне накапливалось не больше 64 % от потребленного растениями азота.

Критерием целесообразности применения удобрений выступает их агрономическая эффективность. Применение биопрепаратов способствовало росту эффективности использования азота аммиачной селитры. Окупаемость 1 кг действующего вещества Naa повысилась при ино-

куляции семян яровой пшеницы Ризоагрином на 52 %, штаммом КЛ-10 – на 63 %, штаммом 17-1 – на 67 %.

Вынос азота определяли биологические особенности культуры и условия питания (табл. 2). Он повышался от инокуляции семян биопрепаратами на РК-фоне на 20...30 %, на NPK-фоне – на 10...20 %. Применение N<sub>45</sub> способствовало увеличению выноса азота с урожаем зерна в среднем за три года на 31 %, а в дозе N<sub>90</sub> – на 76 %, с соломой – соответственно на 11 % и 25 %. Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратом КЛ-10 оказывала такое же положительное влияние на накопление азота, как и N<sub>45</sub>. От применения Ризоагрин и штамма 17-1 вынос азота с зерном увеличивался на 25 %, а с соломой – на 7...11 %. Использование азотного удобрения N<sub>45</sub> и биопрепаратов повышало вынос азота урожаем яровой пшеницы на 47...55 %, соломой – на 20...42 %.

Воздействия биопрепаратов на содержание фосфора и калия в зерне и соломе не установлено. Изменения концентрации фосфора от 1,02 до 1,12 % и калия от 0,41 до 0,44 % в зерне и 0,26...0,36 и 1,36...1,46 % в соломе соответственно не превышали точности измерений. При внесении N<sub>90</sub> уменьшение концентрации этих элементов питания до уровня фонового значения и ниже объясняется ростовым разбавлением.

**Табл. 2. Вынос элементов питания яровой пшеницей с урожаем зерна и соломы (средний за 2018–2020 гг.)**

Вариант	Вынос, г/м <sup>2</sup>					
	зерно			солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> (контроль) – фон 1	9,6	5,3	2,1	5,5	1,9	8,3
Фон 1 + Штамм КЛ-10	12,0	7,0	2,7	5,7	1,6	8,4
Фон 1 + Штамм 17-1	12,7	6,7	2,8	6,1	2,0	8,9
Фон 1 + Ризоагрин	12,0	6,4	2,6	5,9	1,6	9,0
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> – фон 2	12,6	6,6	2,7	6,1	2,1	9,6
Фон 2 + Штамм КЛ-10	14,2	7,8	3,2	7,8	2,1	12,2
Фон 2 + Штамм 17-1	14,9	7,7	3,2	7,1	2,6	11,1
Фон 2 + Ризоагрин	14,1	7,6	3,1	6,6	2,8	9,7
N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	16,9	8,0	3,5	6,9	2,1	10,3
HCP <sub>05</sub>	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2

При внесении азотного удобрения в дозе N<sub>45</sub> вследствие увеличения урожайности вынос фосфора и калия возрастал на 40 % и 30 %, в дозе N<sub>90</sub> – на 50 % и 70 % соответственно. Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами способствовала повышению выноса фосфора и калия – на 20...30 %.

**Выводы.** В микрополевом опыте, проведенном в Ульяновской области на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом, установлено, что инокуляция семян яровой пшеницы новыми биопрепаратами на основе штаммов ассоциативных ризобактерий КЛ-10 и 17-1 оказывает положительное влияние на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, увеличивает окупаемость азотных удобрений прибавкой урожая.

### Литература

1. Шафран С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур. Сообщение 1. Азотные удобрения // *Агрохимия*. 2021. № 7. С. 27–35.
2. Алферов А. А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы. М.: Изд-во РАН, 2020. 184 с.
3. Завалин А. А., Соколов О. А. Потoki азота в агроэкосистеме: от идей Д. Н. Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 591 с.
4. Сычев В. Г., Шафран С. А. О балансе питательных веществ в земледелии России // *Плодородие*. 2017. № 1. С. 1–4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-balanse-pitatelnykh-veschestv-v-zemledelii-rossii?ysclid=lmsxyako4w524272666> (дата обращения: 05.06.2023).
5. Кудеяров В. Н. Агрогеохимические циклы углерода и азота в современном земледелии России // *Агрохимия*. 2019. № 12. С. 3–15.
6. Кудеяров В. Н., Семенов В. М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // *Агрохимия*. 2014. № 10. С. 3–17.
7. Моргун В. В., Коць С. Я., Кириченко Е. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение // *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41. № 3. С. 187–207.
8. Стимулирующие рост растений бактерии в регулировании устойчивости растений к стрессовым факторам / И. В. Максимов, С. В. Веселова, Т. В. Нужная и др. // *Физиология растений*. 2015. Т. 62. № 6. С. 763–775.
9. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений / М. В. Штерниис, А. А. Беляев, В. П. Цветкова и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 284 с.
10. Salantur A., Ozturk A., Akten S. Growth and yield response of spring wheat to inoculation with rhizobacteria // *Plant Soil and Environ*. 2006. Vol. 52. No. 3. P. 111–118. doi:10.17221/3354-PSE.
11. Бактерии родов *Advenella*, *Bacillus* и *Pseudomonas* – перспективная основа биопрепаратов для растениеводства / Л. Ю. Кузьмина, Т. Н. Архипова, Г. Э. Актуганов и др. // *Биомика*. 2018. Т. 10. № 1. С. 16–19.
12. Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438.
13. Эндofитные бактерии – основа комплексных микробных препаратов для сельского и лесного хозяйства / В. К. Чеботарь, А. В. Щербаков, С. Н. Масленникова и др. // *Агрохимия*. 2016. № 11. С. 65–70.
14. Алферов А. А., Чернова Л. С. Влияние азотных удобрений и биопрепаратов на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. № 3. С. 32–35.
15. Семенов, В. М. Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва–растение и критерии их количественной оценки // *Агрохимия*. 1999. № 5. С. 25–33.
16. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Соотношение органов яровой пшеницы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 3. С. 19–24.
17. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: РАСХН, СО; НовосибирскГАУ, 2013. 790 с.

Поступила в редакцию 04.07.2023

После доработки 10.08.2023

Принята к публикации 01.09.2023