

РОЛЬ БИОПРЕПАРАТОВ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.М. Брескина, кандидат сельскохозяйственных наук,
Н.А. Чуян, доктор сельскохозяйственных наук

Курский федеральный аграрный научный центр,
305021, Курск, ул. Карла Маркса, 70б
E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru

Цель исследований – изучение влияния микробиологических препаратов (Грибофит и Имуназот), азотных удобрений (аммиачная селитра) по отдельности и в комплексе на фоне внесения соломы ячменя на урожайность, морфофизиологические показатели урожая и химический состав зерна сорта гречихи Деметра в условиях Курской области. Урожайность зерна культуры от применения азота на фоне соломы возрастала на 0,6 т/га, по отношению к внесению одной соломы. Сбор зерна в варианте с инокуляцией семян, почвы и соломы ячменя биопрепаратами составил 1,5 т/га и несколько уступал действию азотных удобрений (10 кг д.в. N на 1 т соломы), а при комплексном использовании азотных удобрений (5 кг д.в. N на 1 т соломы) с биопрепаратами отмечена тенденция к повышению урожайности (на 0,2 т/га), по сравнению с действием биопрепаратов. Масса 1000 семян гречихи от применения азотных удобрений увеличивалась, по отношению к контролю, на 1,6 г, от биопрепаратов – на 0,7 г, содержание азота в зерне – соответственно на 0,27 и 0,22 %. Наибольшие изменения морфофизиологических показателей семян гречихи обеспечивала инокуляция биопрепаратами. Применение азотных удобрений и биопрепаратов одинаково влияло на рост и развитие культуры. Площадь листовой поверхности в начале вегетации была выше в среднем в 1,4 раза, а к уборке в 1,9 раза, по отношению к контролю. Выживаемость растений во всех вариантах опыта возрастала, по отношению к контролю, а наибольшей (87,2 %) была при совместном применении азотных удобрений и биопрепаратов.

THE ROLE OF BIOPREPARATIONS AND NITROGEN FERTILIZERS IN THE FORMATION OF BUCKWHEAT PRODUCTIVITY IN KURSK REGION

Breskina G.M., Chuyan N.A.

Kursk Federal Agricultural Research Center,
305021, Kursk, ul. Karla Marxa, 70 b
E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru

The aim of the research is to study the effect of microbiological preparations (Gribophyt and Imunazot), nitrogen fertilizers (N ammonium nitrate) and their combined use with by-products (barley straw) applied against the background, morphophysiological indicators of the yield and the chemical composition of the grain of Demeter buckwheat variety under the conditions of Kursk Region. A significant (by 0.6 t/ha) increase in the yield of buckwheat grain from the application of N and barley straw is determined. The grain harvest in the variant with inoculation of seeds, soil, and crushed barley straw with Gribophyt and Imunazot was 1.5 t/ha and slightly inferior to the application of nitrogen fertilizers (10 kg of NPPN per 1 ton of straw). There is a tendency to increased yield (by 0.2 t/ha) of grain with the complex application of nitrogen fertilizers (5 kg of NPPN per 1 ton of straw) together with biopreparations compared with the effect of biopreparations alone. Nitrogen fertilization increased the weight of 1000 grains of buckwheat by 1.6 g, and the use of biopreparations by 0.7 g, and also contributed to the increase of nitrogen content in the grain by 12.5% and 10 %, respectively, relative to the control. During the growing season of buckwheat the application of nitrogen fertilizers and biopreparations equally influenced the growth and development of the crop. For example, the leaf surface area was higher on average at the beginning of the growing season 1.4 times, and by the harvesting period 1.9 times compared to the control variant. The survival rate of plants increased significantly (LSD₀₅ 2,0) in all the variants of the experiment relative to the control, but a maximum positive effect is found in the variant with joint use of nitrogen fertilizers (5 kg of NPPN per 1 t of straw) and biopreparations (Gribophyt + Imunazot), i.e. 87.2%.

Ключевые слова: гречиха (*Fagopyrum esculentum*), урожайность, биопрепараты (Грибофит + Имуназот), азотные удобрения (аммиачная селитра), пожнивно-корневые остатки, морфофизиологические показатели, химический состав продукции, масса 1000 зерен

Key words: buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), yield, biopreparations (Gribophyt + Imunazot), nitrogen fertilizers (ammonium nitrate), crop and root residues, morphophysiological parameters, chemical composition of products, weight of 1000 grains

После уборки сельскохозяйственных культур на полях остается нетоварная часть растениеводческой продукции, то есть пожнивно-корневые остатки, которые используют в качестве удобрения. При заделке в почву они могут несколько ухудшить условия питания растений азотом из-за иммобилизации его микроорганизмами. Резервом улучшения питания растений может быть биологический азот, фиксируемый клубеньковыми и ризосферными микроорганизмами, внимание к которым в последние годы время возросло во всем мире [1].

Видовой состав микрофлоры, способной заселять ризосферу, во многом определяет успешное развитие растительного организма и, в конечном счете, форми-

рование относительно высоких урожаев сельскохозяйственных культур [2, 3].

Биопрепараты комплексного действия, изготовленные на основе ризосферных микроорганизмов, положительно влияют на рост и развитие растений. Одновременно они способны подавлять патогенную микрофлору, что в конечном итоге снижает заболеваемость растений [4, 5, 6]. Однако использование этого приема не заменяет применения удобрений, а дополняет его благодаря высвобождению элементов питания при минерализации пожнивно-корневых остатков, повышают коэффициент использования питательных веществ из почвы и удобрений [7, 8, 9]. Как показывают опыты, проведенные на различных почвах, приме-

нение биопрепаратов в растениеводстве способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции [9, 10, 11].

Применение препарата Имуназот (штаммы бактерий *Pseudomonas*, обладающего широким спектром антимикробного, антифунгального и ростостимулирующего действия, позволяет ускорить процесс разложения клетчатки соломы, активизировать фиксацию атмосферного азота и в целом сдвинуть баланс почвенной микрофлоры в пользу сапрофитных грибов [12].

В современных адаптивных технологиях возделывания гречихи предусмотрено комплексное использование пожнивно-корневых остатков предшествующей культуры и азотных удобрений, а также биопрепаратов, оптимизирующих питание растений, улучшающих адаптационные процессы, устойчивость культуры к основным факторам окружающей среды, увеличивающих урожайность и качество зерна.

Цель исследований – изучение влияния использования побочной продукции ячменя (соломы) совместно с биопрепаратами (Грибофит и Имуназот) и в комплексе с азотными удобрениями (аммиачная селитра) на морфофизиологические показатели растений сорта гречихи Деметра, ее урожайность и химический состав семян.

Методика. Изучение эффективности применения Грибофита, Имуназота и аммиачной селитры, которые вносили совместно с измельченными пожнивно-корневыми остатками ячменя для активизации их разложения проводили на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в Курской области (Медвенский район, с. Панино) в полевом опыте, заложенном в 2017–2019 гг., в звене полевого севооборота с чередованием культур: озимая пшеница – яровой ячмень – гречиха.

Почва опытного поля – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на лессовидном карбонатном суглинке. При закладке эксперимента в пахотном слое почвы содержание гумуса (по Тюрину) составляло $4,98 \pm 0,15$ %, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия – соответственно 8,8–12,0 и 9,7–11,2 мг/кг, общего азота (по Кьельдалю) – 0,22–0,23 %, обменного аммония (ГОСТ 26487-85) – 10,9–13,2 мг/кг, нитратного азота (по методу Грандваль-Ляжу) – 4,8–5,1 мг/кг. Реакция почвенной среды нейтральная. Содержание обменного кальция составляло 22,0–23,3 мг-экв./100 г почвы. В опыте выращивали сорт гречихи Деметра.

Схема эксперимента включала следующие варианты: измельченная солома ячменя (контроль);

измельченная солома ячменя + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т соломы;

измельченная солома ячменя, обработанная биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка семян биопрепаратами Грибофит (2 л/т) и Имуназот (3 л/т) + обработка почвы перед посевом и посевов в период вегетации (2 раза) биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га);

измельченная солома ячменя, обработанная биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + обработка семян биопрепаратами Грибофит (2 л/т) и Имуназот (3 л/т) + обработка почвы перед посевом и посевов в период вегетации (2 раза) биопрепаратами Грибофит (5 л/га) и Имуназот (3 л/га) + азотные удобрения из расчета 5 кг д. в. N на 1 т соломы.

Годы исследований, по данным метеопоста п. Черемушки (Курская область, Курский район), характеризовались различной тепло- и влагообеспеченностью. Средняя годовая температура воздуха в 2017 г. составляла $7,6$ °С, что было на $1,9$ °С выше нормы, годовая

сумма осадков – 636 мм несколько превышала климатическую норму. В весенний период температура воздуха была ниже обычной на $1,5$ – $3,0$ °С, а сумма осадков – на 2–10 % выше нормы. В летне-осенний период погодные условия соответствовали средним многолетним значениям. В 2018 г. средняя годовая температура воздуха составляла $7,1$ °С (на $1,4$ °С выше нормы), сумма осадков – 544 мм, или 89 % от климатической нормы. В течение этого года отмечали неравномерное выпадение осадков: в июле их сумма составила 228 %, в августе – 6 % от нормы. При этом в период вегетации культур температура на превышала среднемноголетние значения на $5,8$ °С. В 2019 г. средняя годовая температура воздуха составила $8,4$ °С (на $2,7$ °С выше нормы), сумма осадков – 525 мм, или 86 % среднемноголетней. При этом с апреля по июнь среднесуточная температура превышала норму в среднем на $2,9$ °С, а с июля по сентябрь – была ниже на $1,1$ °С среднемноголетней. С апреля по август отмечен дефицит осадков (ГТК – 0,85), поэтому условия для микроорганизмов биопрепаратов были неблагоприятными, что сказалось на их активности.

Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками [13] в трехкратной повторности. Посев, учеты и наблюдения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14].

Обработку почвы биопрепаратами перед посевом культуры и измельченных растительных остатков осуществляли навесным опрыскивателем, внесение минеральных удобрений (аммиачная селитра) – навесным разбрасывателем РН-0,8 под предпосевную культивацию. Заделку измельченных растительных остатков в почву во всех вариантах опыта проводили дисковыми боронами на глубину 8–10 см. Общая площадь делянки – 192 м² (48×4). Учет урожая гречихи проводили вручную с использованием метровок в трехкратной повторности.

Согласно информации производителя (ООО «Защита-АгроСоюз»), Грибофит – экологически безопасный для животных, насекомых и человека биопрепарат, содержащий споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производства культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны). Имуназот – биологический препарат на основе ризосферных бактерий *Pseudomonas*, фосфатмобилизатор контактного и системного действия [12].

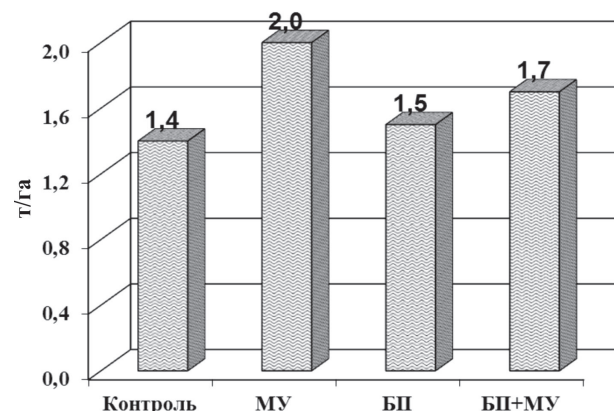


Рис. 1. Урожайность зерна гречихи в зависимости от азотных удобрений и биопрепаратов, т/га: МУ – азотные удобрения; БП – биопрепараты.

Табл. 1. Качественные показатели основной продукции гречихи в зависимости от применения азотных удобрений и биопрепаратов

Вариант	Масса 1000 семян, г	Химический состав зерна, %		
		N	P	K
Измельченная солома ячменя (контроль)	14,3	2,16	0,71	0,66
Измельченная солома ячменя + азотные удобрения	15,9	2,43	0,82	0,68
Измельченная солома ячменя + биопрепараты	15,0	2,38	0,79	0,71
Измельченная солома ячменя + азотные удобрения + биопрепараты	15,4	2,50	0,80	0,74
НСР ₀₅	0,7	0,37	0,02	0,01

Массу 1000 семян гречихи определяли по ГОСТ 10842-89, общее содержание питательных элементов в семенах измеряли из одной навески после мокрого озоления с определением азота по Кьельдалю, фосфора – колориметрически, калия – на пламенном фотометре [15]. Площадь листьев гречихи измеряли в полевых условиях с использованием Android-приложения Петюль (Petiole) в период всходов и уборки культуры.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики с использованием дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и обсуждение. Установлена высокая эффективность применения азотных удобрений при возделывании гречихи. Внесение аммиачной селитры на фоне послеуборочных остатков ярового ячменя обеспечивало достоверную прибавку урожайности семян культуры на 0,64 т/га (НСР₀₅ = 0,04 т/га), по отношению к контролю (рис. 1.).

Действие препаратов Грибофит и Имуназот как фактора значительно уступало влиянию азотных удобрений. Сбор семян гречихи в этом варианте составил 1,50 т/га, что ниже, чем в варианте с минеральными удобрениями, на 0,50 т/га (НСР₀₅ 0,04 т/га).

Низкая эффективность биопрепаратов в опыте объясняется неблагоприятными погодными условиями – дефицитом осадков (ГТК = 0,85) в период цветения и бутонизации растений и недостатком тепла (с июля по сентябрь среднемесячная температура была ниже нормы на 1,1 °С), что отрицательно сказалось на активности почвенной микрофлоры. Подобные выводы были получены и в исследованиях А.И. Шапошникова [16].

Отмечена тенденция увеличения урожайности гречихи на фоне совместного применения биопрепаратов и половинной дозы азотных удобрений, по сравнению с контролем (на 0,30 т/га) и действием одних биопрепаратов (на 0,2 т/га). Относительная низкая эффективность совместного применения азотных удобрений и биопрепаратов на гречихе связана как с уменьшением вносимого количества минерального азота, так и с возможным торможением азотом минеральных удобрений процесса ассоциативной азотфиксации [17].

Улучшение условий азотного питания при внесении минеральных удобрений и биологических препаратов отразилось на массе 1000 семян и химическом составе основной продукции гречихи.

Внесение аммиачной селитры под гречиху обеспечивало достоверное увеличение массы 1000 семян, по сравнению с контролем, на 1,6 г, биопрепаратов – на 0,7 г. При совместном применении половинной дозы

Табл. 2. Морфофизиологические показатели гречихи Деметра в зависимости от азотных удобрений и биопрепаратов

Вариант	Площадь листьев, см ²		Густота стояния растений, шт./м ²		Выживаемость, %	Высота растения, см
	всходы	уборка	всходы	уборка		
Измельченная солома ячменя (контроль)	8,74	14,46	220	179	81,4	59,3
Измельченная солома ячменя + азотные удобрения	14,28	28,62	230	199	86,5	79,3
Измельченная солома ячменя + биопрепараты	12,10	27,42	233	200	85,8	80,6
Измельченная солома ячменя + азотные удобрения + биопрепараты	10,04	28,47	226	197	87,2	80,5
НСР ₀₅		1,17	4	2	2,0	16,7

азотных удобрений и биопрепаратов масса 1000 семян была выше, чем в контроле, на 1,1 г, что на 0,5 г меньше, по сравнению с эффектом от азотных удобрений, но на 0,4 г больше, чем при использовании одних биопрепаратов (табл. 1).

Азотные удобрения и биопрепараты по отдельности и в сочетании оказали положительное и примерно одинаковое влияние на химический состав основной продукции культуры – содержание общего азота увеличилось на 0,22-0,27 %, фосфора – на 0,08-0,11 %, калия – на 0,02-0,05 % (см. табл. 1).

Один из основных показателей фотосинтетической деятельности растений – площадь листовой поверхности. Лист в процессе вегетации создает органическое вещество, которое составляет главную часть биологической массы урожая [18].

В период всходов наибольшее влияние на площадь листовой поверхности гречихи оказывали азотные удобрения. На их фоне величина этого показателя была 5,54 см², больше, чем в контроле, и на 2,18 см², по сравнению с внесением биопрепаратов (табл. 2).

В период уборки гречихи достоверных различий по площади листовой поверхности между экспериментальными вариантами не выявлено – она составляла 27,42-28,62 см² и практически вдвое превышала величину этого показателя в контроле.

Густоту продуктивного стеблестоя гречихи к уборке

Табл. 3. Уравнения связи урожайности и морфофизиологических показателей гречихи с исследуемыми факторами

Показатель	Уравнение связи*	R
Урожайность, т/га	$1,38 + 0,10 \cdot x_1 + 0,62 \cdot x_2 - 0,41 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,84
Площадь листа	$14,46 + 12,95 \cdot x_1 + 14,16 \cdot x_2 - 13,10 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,99
Число растений в период всходов, шт./м ²	$220,6 + 11,4 \cdot x_1 + 9,4 \cdot x_2 - 15,2 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,86
Число растений к уборке, шт./м ²	$179,4 + 20,8 \cdot x_1 + 19,8 \cdot x_2 - 22,6 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,98
Выживаемость растений, %	$81,36 + 4,94 \cdot x_1 + 5,28 \cdot x_2 - 5,38 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,81
Высота растений, см	$59,2 + 21,4 \cdot x_1 + 20,05 \cdot x_2 - 23,9 \cdot x_1 \cdot x_2$	0,81

*x₁ – микробиологические препараты, x₂ – азотные удобрения.

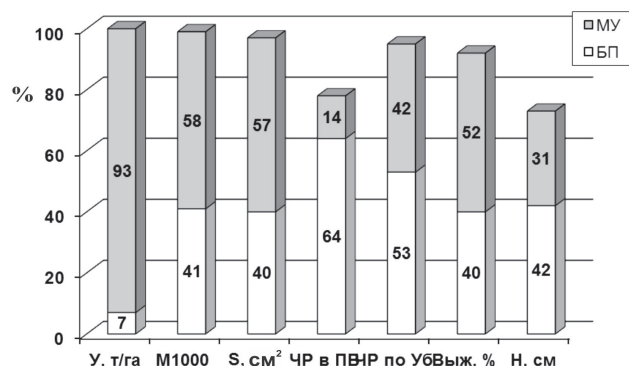


Рис. 2. Вклад азотных удобрений и биопрепаратов в варьирование урожайности семян и структуры урожая гречихи, %: У – урожайность; M1000 – масса тысячи семян; S – площадь листовой поверхности; ЧР в ПВ – число растений в период всходов; ЧР по Уб – число растений к уборке; Выж. – выживаемость растений; H – высота растений.

определяли полевая всхожесть семян и выживаемость растений. Наибольшими величинами этих показателей отмечены в вариантах с применением азотных удобрений и их комплексным использованием с микробиологическими препаратами – 86,5-87,2 % (см. табл. 2).

О наличии взаимосвязи урожайности гречихи с внесением азотных удобрений и биопрепаратов свидетельствуют результаты корреляционно-регрессионного анализа (табл. 3). Величина коэффициента регрессии ($R = 0,99$) указывает на тесную связь между факторами отдельного внесения азотных удобрений и биопрепаратов с формированием листовой поверхности гречихи (табл. 3).

При определении вклада факторов установлено, что варьирование урожайности основной продукции на 93 % зависело от азотных удобрений и только на 7 % от применяемых биопрепаратов (рис. 2). Вклад азотных удобрений в варьирование массы 1000 семян составлял 58 %, площади листовой поверхности – 57 %, выживаемости растений – 52 % и был заметно выше, чем у биопрепаратов (соответственно 41, 40 и 40 %). При этом число растений в фазе всходов и перед уборкой, а также их высота больше зависели от биопрепаратов (64, 53 и 42 % соответственно), чем от азотных удобрений (14, 42 и 31 %).

Таким образом, применение азотных удобрений, биопрепаратов (Грибофит + Имуназол) в чистом виде и совместно на фоне поверхностной заделки пожнивных-корневых остатков предшествующей культуры ячменя положительно сказывалось на формировании урожая гречихи.

Наибольшую в опыте выживаемость растений обеспечивало внесение азотных удобрений и комплексное их применение с микробиологическими препаратами – 86,5 и 87,2% против 81,4% в контроле.

Урожайность гречихи возрастала, по отношению к контролю, при использовании азотных удобрений на 0,64 т/га, биопрепаратов – на 0,10 т/га, азотных удобрений и биопрепаратов – на 0,30 т/га.

Применение на фоне пожнивных-корневых остатков азотных удобрений и/или совместное их использование с биопрепаратами обеспечивало увеличение площади листовой поверхности, по отношению к контролю, в 1,4-1,9 раза, массы 1000 семян – на 1,1-1,6 г, содержания в зерне общего азота – на 0,22-0,27 %, фосфора – на 0,08-0,11 %, калия – на 0,02-0,05 %.

Литература.

1. Nikitin S.N. Changes in soil major nutrients when using fertilizers for variety of backgrounds // *Science, Technology and Higher Education: materials of the X International research and practice conference*. Canada: Westwood publishing office Accent Graphics communications, 2016. P. 205–213.
2. Изменение видового состава микрофлоры ризосферы и филлосферы сахарной свеклы под влиянием биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и их метаболитов / Л.И. Пусенкова, Е.Ю. Ильясова, О.В. Ласточкина и др. // *Почвоведение*. 2016. №10. С 1205–1213.
3. Schlaeppli K., Bulgareli D. The plant microbiome at work // *Mol. MicrobiolInteract*. 2015. Vol. 28. No. 3. P. 212–217.
4. Кишикаткина А.Н., Русяв И.Г. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян комплексными микробиобактериальными препаратами // *Агрохимический вестник*. 2018. №3. С. 48–50.
5. Рябчинская Т.А., Зимица Т.В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современно растениеводства // *Агрохимия*. 2017. №12. С. 62–92.
6. Русакова И.В., Московин В.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв // *Агрохимия*. 2016. №8. С.56–61.
7. Биологическая защита растений / М.В. Штерншис, Ф.С. Джалилов, И.В. Андреева и др. М.: Колос, 2004. 264с.
8. Крекотень М.А. Влияние технологических приемов возделывания подсолнечника на его урожайность и экологию агроценозов // *Аграрные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного лесотехнического университета им. Морозова Г.Ф., 2014. Т. 2. Вып. 5. Ч. 3. С. 233–236.*
9. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И.А. Тихонович, А.А. Завалин, Г.Г. Блазовицкая и др. // *Плодородие*. 2011. № 3 (60). С. 9–13.
10. Высоцкая Е.А., Крекотень М.А., Оптимизация биоресурсного потенциала подсолнечника с использованием в технологии возделывания биологически активных препаратов // *Вестник ВГА*. 2017. №1(52). С. 20–26.
11. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // *Достижение науки и техники АПК*. 2011. №8. С. 9–11.
12. К вопросу применения свекловичного жюма в качестве органического удобрения / О.Г. Чужан, Н.П. Масютенко, Д.В. Гарнов и др. // *Агротехнологическая модернизация земледелия: Материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции*. Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2013. С.246–250.
13. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. 258с.
15. Радов А.С., Пуустовой И.В., Корольков А.В. Практикум по агрохимии: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 312с.
16. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов / А.И. Шапошников, А.А. Белимов, Л.В. Кравченко и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2011. №3. С. 16–22.
17. Гамзиков Г.П., Завалин А.А. Проблемы азота в земледелии России // *Плодородие*. 2006. №5. С. 29–31.
18. Доиньев Э. Д. Земледелие Северного Кавказа. М.: Агропрогресс, 1999. 518 с.

Поступила в редакцию 11.09.2020
 После доработки 24.11.2020
 Принята к публикации 20.01.2021