

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И ПРЕДШЕСТВЕННИКА НА ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА, УРОЖАЙНОСТЬ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЧЕЧЕВИЦЫ, НУТА И ЧИНЫ

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук

М.В. ДОНСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID 0000-0001-6257-0576, E-mail: nmaria_87@mail.ru

М.М. ДОНСКОЙ, кандидат сельскохозяйственных наук

А.И. ЯКУБОВСКАЯ*, кандидат биологических наук
ORCID ID 0000-0001-8434-2689

И.А. КАМЕНЕВА*, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID 0000-0003-3914-7184

А.А. ЗУБОЧЕНКО*

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР
*ФГБУН НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КРЫМА

В статье представлены результаты применения микробиологических препаратов на основе новых штаммов ризобий на показатели симбиотической деятельности, урожайность сортов чечевицы, нута и чины и агрохимические показатели почвы в условиях Орловской области. Опыты проводили в 2021-2022 гг. на опытных полях ФНЦ ЗБК. Опыты закладывали по трем культурам (чечевице, нуту и чине) в следующих вариантах: 1 – контроль (без обработок); 2 – инокуляция семян перед посевом препаратом Ризоторфин (для чечевицы штамм 724, для нута - 527, для чины – 2803); 3 – предпосевная обработка семян препаратом Ризобин^{агро}; 4 – предпосевная обработка семян комплексом микробиологических препаратов Микробиоком^{агро} (Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} + Биопротид^{агро}). Установлено, что наиболее эффективным приемом при возделывании чечевицы была предпосевная инокуляция семян Ризоторфином штамм 724 и Ризобин^{агро}. В этих вариантах проявилась устойчивая тенденция к повышению урожая зерна, а также увеличению количества и массы клубеньков. Применение микробных препаратов при возделывании нута повысило урожайность изученных сортов во всех вариантах опыта. Максимальное число клубеньков с наибольшей массой формировалось в варианте с Ризоторфином штамм 527. При возделывании чины наибольшую эффективность показало применение для предпосевной обработки семян комплекса микробиологических препаратов (Микробиоком^{агро}). При возделывании зерновых бобовых культур по чёрному пару отмечается полное отсутствие клубеньков на корнях растений чечевицы и сравнительно небольшое их количество у нута и чины, что, возможно, связано с преобладанием автотрофного типа питания с использованием легкодоступных форм азота над симбиотрофным. По озимой пшенице создаются лучшие условия для создания симбиотического аппарата и переходу на симбиотрофный тип питания атмосферным азотом. Под влиянием чего происходит накопление нитратного азота в почве. Биопрепараты, содержащие клубеньковые бактерии, усиливают эти процессы.

Ключевые слова: чечевица, нут, чина, сорт, биопрепараты, урожайность, клубеньки, гидротермический коэффициент.

Для цитирования: Гурьев Г.П., Донская М.В., Донской М.М., Якубовская А.И., Каменева И.А., Зубоченко А.А. Влияние микробиологических препаратов и

предшественника на формирование симбиотического аппарата, урожайность и агрохимические показатели почвы при возделывании чечевицы, нута и чины. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 1(49):10-18. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-10-18

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS AND FORECROP ON SYMBIOTIC APPARATUS FORMATION, YIELD AND AGROCHEMICAL SOIL PARAMETERS IN CULTIVATION OF LENTILS, CHICKPEAS AND GRASS PEA

G.P. Gur'ev, M.V. Donskaya, M.M. Donskoi, A.I. Yakubovskaya*, I.A. Kameneva*,
A.A. Zubochenko*

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS
*FSBIS RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF CRIMEA

Abstract: *The article presents the results of application of microbiological preparations based on new strains of rhizobia on the indicators of symbiotic activity, yield of lentil, chickpea and grass pea varieties and agrochemical soil parameters in the conditions of the Orel region. Trials were in 2021-2022 on fields of FSC of Legumes and Groat Crops. Experiments were laid for three crops (lentils, chickpea and grass pea) in the following variants: 1 - control (no treatment); 2 - inoculation of seeds before sowing with Rhizotorfin (strain 724 for lentils, strain 527 for chickpea, and strain 2803 for grass pea); 3 – pre-sowing seed treatment with Rizobin^{agro} preparation; 4 – pre-sowing seed treatment with a complex of microbiological preparations Microbiocom^{agro} (Rizobin^{agro}, Fosfostim^{agro} + Bioprofid^{agro}). It was found that the most effective technique in lentil cultivation was pre-sowing inoculation of seeds with Rhizotorphin strain 724 and Rhizobin^{agro}. These variants showed a stable tendency to increase grain yield, as well as an increase in the number and weight of nodules. The use of microbial preparations in chickpea cultivation increased the yield of the studied varieties in all variants of the experiment. The maximum number of nodules with the highest mass was formed in the variant with Rhizotorphin strain 527. When cultivating grass pea, the greatest effectiveness was shown by the use of a complex of microbiological preparations (Microbiocom^{agro}) for pre-sowing seed treatment. When cultivating grain legumes in black fallow, there is a complete absence of nodules on the roots of lentil plants and a relatively small number of them in chickpeas and grass pea, which may be due to the predominance of the autotrophic type of nutrition using readily available forms of nitrogen over the symbiotrophic one. In winter wheat, better conditions are created for the creation of symbiotic apparatus and transition to symbiotrophic type of nutrition by atmospheric nitrogen. Under the influence of this, nitrate nitrogen accumulation in the soil occurs. Biological preparations containing nodule bacteria enhance these processes.*

Keywords: lentil, chickpea, grass pea, variety, biopreparations, yield, nodules, hydrothermal coefficient.

Зернобобовые культуры играют важную роль в получении растительного белка для продовольственных и кормовых целей, а также средообразующую роль в агроэкосистемах, обогащая почву азотом, улучшая ее структуру, повышая фитосанитарное состояние почв и посевов.

Чечевица – ценная продовольственная культура, выращивается более чем в 50 странах мира. Белки чечевицы легко усваиваются организмом человека. В состав ее белка входят почти все незаменимые аминокислоты, а также витамины группы В. Блюда из чечевицы, служат поставщиками основных витаминов и минералов, которые полностью усваиваются. Кроме того, зеленая масса, сено, мякина, солома чечевицы – хороший корм для животных. Чечевица обогащает почву азотом, углеродом и органическими веществами [1].

Нут – высокобелковая пищевая и кормовая зернобобовая культура, является диетическим продуктом питания, широко используется в хлебобулочной, кондитерской,

мукомольно-крупяной промышленности, народной медицине. В животноводстве в качестве высокобелкового концентрированного корма его применяют в составе кормосмесей, кормовых добавок. Нут включен в число стратегически важных и ценных зернобобовых культур, роль которых велика в устойчивом производстве продовольствия и здоровом питании. Преимущество нута по сравнению с другими зернобобовыми культурами и в том, что он более засухоустойчив, жаростойкий, технологичен и устойчив к вредителям и болезням [1].

Чина – культура многоцелевого значения. Ее используют для кормовых, продовольственных и технических целей. Чина является хорошим медоносным растением. Большое агротехническое значение имеет чина при посеве ее на зеленое удобрение. В районах с достаточным увлажнением, а также на поливных землях чина развивает большую зеленую массу, которая после заделки быстро минерализуется, обогащая почву азотом и другими элементами минерального питания растений [2].

При возделывании бобовых культур важное место занимают вопросы минерального питания. Особая роль принадлежит важнейшему элементу – азоту.

Количество симбиотически фиксированного азота и его доля в азотном балансе растений зависит от многих генетических и средовых факторов, в том числе и от вида растений. Реальные размеры азотфиксации в зависимости от условий могут сильно колебаться, а при неблагоприятных условиях азотфиксация может вообще отсутствовать. Наибольшей азотфиксирующей активностью обладает узколистый и белый люпин, несколько меньшей – кормовые бобы, желтый люпин и соя. Промежуточное положение по размерам азотфиксации занимают чечевица и чина. Наиболее низкая азотфиксирующая способность у гороха, вики, фасоли и нута [3].

Существенную роль в привлечении в земледелии дополнительного количества биологического азота играют биологические препараты, основой которых являются клубеньковые и ассоциативные микроорганизмы, обеспечивающие повышение урожайности бобовых и зерновых культур. По данным полевых опытов с различными сельскохозяйственными культурами, выявлено положительное влияние биологических препаратов на рост и развитие растений, качество продукции. Действие их практически эквивалентно внесению под культуры N_{30-40} . При использовании биопрепаратов для инокуляции семян сельскохозяйственных культур, выращиваемых на фоне внесения удобрений, эффективность возрастает [4].

Важную роль на плодородие почвы и процесс симбиотической азотфиксации оказывает предшественник. Чем лучше почва обогащается органическим веществом благодаря пожнивным остаткам, тем значительно улучшается питание последующей культуры. Так, при разложении пожнивно-корневых остатков озимой пшеницы происходит иммобилизация минерального азота закрепленного в плазме целлюлозолитических микроорганизмов.

В случае использования чёрного или чистого пара как предшественника происходит существенное накопление нитратного азота (до 12,5 мг/кг почвы), а также P_2O_5 (до 20,3 мг/кг почвы) и K_2O (до 9,3 мг/кг почвы) [5].

На увеличение содержания фосфора в паровых полях указывают и другие авторы [6, 7]. Причём за период парования на экстенсивном фоне химизации происходит увеличение содержания подвижного фосфора от весны (0,44 мг/кг почвы) к осени (0,53 мг/кг почвы) в интервале показателей средней обеспеченности [8].

Как правило, о содержании элементов питания в почве перед посевом последующей культуры севооборота хорошо известно, однако об изменении этих показателей в ходе вегетации, под влиянием той или иной культуры, вплоть до уборки практически неизвестно.

Зернобобовые культуры способствуют сохранению плодородия почвы, снижению объемов применения минеральных азотных удобрений, получению экологически чистой продукции. Все это делает их востребованными при всех формах собственности и одинаково необходимыми в любых природно-климатических условиях [9, 10].

Цель исследований – определение эффективности применения микробиологических препаратов по показателям симбиотической деятельности и урожайности сортов чечевицы, нута и чины, а также динамики агрохимических показателей почвы под влиянием микробных препаратов и предшественника в процессе вегетации этих культур.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на опытных полях ФНЦ ЗБК в 2021-2022 гг.

Опыты с чечевицей сорт Восточная закладывали в 2021 г. в полевом севообороте ФНЦЗБК на опытном поле лаборатории генетики и биотехнологии по чёрному пару, в 2022 г. в севообороте лаборатории агротехнологий и защиты растений по озимой пшенице. Опыты с нутом сорта Аватар и Краснокутский 123 и чиной сорт Славянка закладывали на опытном поле лаборатории генетики и биотехнологии по черному пару.

Схема опыта включала варианты: 1 – контроль (без обработок); 2 – инокуляция семян перед посевом препаратом Ризоторфин (для чечевицы штамм 724, для нута – 527, для чины – 2803); 3 – предпосевная обработка семян препаратом Ризобин^{агро}; 4 – предпосевная обработка семян комплексом микробиологических препаратов Микробиоком^{агро} (Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} + Биопрофид^{агро}). Микробиологические препараты были получены: Ризоторфин из ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург), Ризобин^{агро}, Микробиоком^{агро} из ФГБУН «НИИСХ Крыма» (г. Симферополь).

Ризобин^{агро} – микробный препарат на основе высокоэффективных и конкурентоспособных азотфиксирующих штаммов клубеньковых бактерий специфичных к определенному виду бобовых культур. Норма расхода 100 мл/га.

Микробиоком^{агро} – микробный препарат, обладающий полифункциональными свойствами за счет входящих в его состав препаратов Ризобин^{агро}, Азостим^{агро}, Фосфостим^{агро}, Биопрофид^{агро}. Способствует оптимизации азотного и фосфорного питания растений, обеспечивает защиту от корневых гнилей, улучшает качество продукции. Норма расхода 100 мл/га.

Метод размещения вариантов в полевом опыте систематический, повторность четырехкратная. Площадь делянки 8,25 м², в опыте с чечевицей 8,25 м² и 13,95 м² в зависимости от года. Посев сеялкой СКС-6-10 рядовым способом с шириной междурядий 15 см при норме высева чечевицы 2,5 млн. всхожих семян, нута 0,8 млн. всх. семян, чины – 1,2 млн. всх. семян на 1 га.

Агротехника под культуры общепринятая для региона. Инокуляция семян микробиологическими препаратами в день посева влажным способом по рекомендациям, предложенным производителями. Уборка по мере созревания малогабаритным комбайном САМПО-130.

Закладку полевых опытов, сопутствующие наблюдения, учеты и анализы проводили согласно методике полевого опыта (Доспехов, 1985). Определение показателей симбиотической активности проводили по методике изучения биологической фиксации азота воздуха (Посыпанов, 1991). Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в приложении Microsoft Office Excel 2010.

Почва опытных участков ФНЦ ЗБК темно-серая лесная, средней окультуренности. Агрохимические анализы почвы выполнены в лаборатории агрохимических исследований НИИСХ Крыма по методу Кирсанова и ГОСТАМ 26951-86, 26205-91, 26207-84. Оценку обеспеченности почв элементами питания (мг/100 г почвы, в среднем слое 0-40 см) проводили по методу Кирсанова.

Климат района расположения ФНЦ ЗБК характеризуется как умеренно-континентальный со среднегодовой температурой + 8,3°С и среднегодовым количеством осадков 520-630 мм. Следует отметить, что в последние годы климат имеет тенденцию к сдвигу в сторону аридного. 2021 и 2022 годы отличались неравномерностью выпадения осадков в течение периода вегетации и характеризовались 2021 г. как засушливый (ГТК = 0,8); 2022 г. как слабо засушливый (ГТК=1,1).

ГТК на период формирования клубеньков (конец мая - начало июня) составил в 2021 г. – 0,49 (сильная засушливость), в 2022 г. – 0,92 (засушливость).

Результаты и их обсуждение

Рассматривая влияние микробиологических препаратов на процесс клубенькообразования и урожайность чечевицы сорта Восточная необходимо отметить, что в 2022 году урожайность зерна чечевицы была значительно выше, чем в 2021 году (табл. 1). Наибольшая урожайность в 2021 году отмечена в варианте с применением Ризобин^{агро} – 1,15 т/га, в 2022 г. в варианте с предпосевной инокуляцией семян Ризоторфином шт. 724 – 2,62 т/га.

В 2021 г. формирование клубеньков происходило в условиях почвенной и воздушной засухи, что негативно отразилось на процессе клубенькообразования, и в период отбора проб клубеньки на корнях растений чечевицы полностью отсутствовали. В 2022 году клубеньков на корнях насчитывалось от 30 до 45 шт./раст. Максимальное число клубеньков с наибольшей массой было в варианте с Ризоторфином.

Таблица 1

Влияние биопрепаратов на клубенькообразование (начало цветения) и урожайность чечевицы сорта Восточная на разных предшественниках

Вариант	2021 г.			2022 г.		
	предшественник – чёрный пар			предшественник – озимая пшеница		
	Число клубеньков /растение	Масса клубеньков, мг/растение	Урожайность, т/га	Число клубеньков /растение	Масса клубеньков, мг/растение	Урожайность, т/га
Контроль	0	0	1,07	30	40	2,39
Ризоторфин штамм 724	0	0	1,05	45	50	2,62
Ризобин ^{агро}	0	0	1,15	37	35	2,56
Микробиоком ^{агро}	0	0	1,05	30	40	2,24
HCP ₀₅	-	-	0,11	-	-	0,22

У нута и чины урожайность зерна в 2021 году была выше, чем в 2022, т.к. эти культуры более засухоустойчивые, чем чечевица (таблица 2). 2022 год был менее благоприятным для нута, дождливая и прохладная погода во второй половине вегетации привела к значительным потерям урожая. Применение микробиологических препаратов способствовало повышению урожайности зерна у сортов нута, наибольшие значения отмечались в 2021 году в варианте с применением Микробиоком^{агро} – 3,42-3,62 т/га, в 2022 году в варианте с Ризоторфином – 0,85-1,49 т/га. У чины урожайность превысила контроль в 2022 году в варианте с применением Микробиоком^{агро}, прибавка составила 0,25 т/га.

Необходимо отметить, что клубеньки на корнях растений нута и чины формировались во всех вариантах опыта. Однако, в контрольных вариантах они отличались небольшим размером, серой или бледно-розовой окраской и располагались, главным образом, на боковых корнях, что свидетельствует об их низкой активности. В более ранних исследованиях мы отмечали отсутствие клубеньков на корнях растений нута в вариантах без инокуляции, однако после нескольких лет возделывания в почве на полях ФНЦ ЗБК могли сформироваться популяции клубеньковых бактерий, специфичных для данной культуры.

Предположительно помимо засухи на процесс формирования клубеньков негативно повлиял посев чечевицы (в 2021 г.), чины и нута по чёрному пару как предшественнику. При использовании в этом качестве чёрного пара меняются агрофизические и агрохимические показатели почвы, повышается содержание подвижных форм азота и органических соединений, что может угнетать нодуляцию у бобовых растений, а, следовательно, снижать и биологическую азотфиксацию. Так у сортов гороха при выращивании по черному пару клубеньки не формировались, чему также способствовали и неблагоприятные условия (высокая температура, недостаток влаги) [11].

Таблица 2

Влияние биопрепаратов на клубенькообразование (бутонизация - цветение) и урожайность чины и нута

Вариант	2021 г.			2022 г.		
	Число клубеньков /растение	Масса клубеньков, мг/растение	Урожайность, т/га	Число клубеньков /растение	Масса клубеньков, мг/растение	Урожайность, т/га
Нут						
Сорт Аватар						
Контроль	3	34	3,52	4	42	0,52
Ризоторфин штамм 527	14	78	3,50	8	57	1,49
Ризобин ^{агро}	5	45	3,62	5	49	0,83
Микробиоком ^{агр}	2	35	3,62	3	34	0,72
НСР ₀₅	-	-	0,38	-	-	0,68
Сорт Краснокутский 123						
Контроль	3	37	3,15	2	24	0,52
Ризоторфин штамм 527	13	62	3,40	5	49	0,85
Ризобин ^{агро}	4	38	3,32	3	24	0,64
Микробиоком ^{агр}	5	49	3,42	3	26	0,76
НСР ₀₅	-	-	0,31	-	-	0,57
Чина Сорт Славянка						
Контроль	1	2	2,25	9	17	2,07
Ризоторфин штамм 2803	6	8	2,22	7	14	1,94
Ризобин ^{агро}	3	4	2,25	4	9	2,05
Микробиоком ^{агр}	4	3	2,22	6	10	2,32
НСР ₀₅	-	-	0,24	-	-	0,52

Агрохимический анализ почвы в годы проведения исследований на опытном участке перед посевом чечевицы показал, что степень обеспеченности их элементами питания (P₂O₅ и K₂O) можно считать оптимальной. После черного пара в почве несколько возрастает содержание подвижного фосфора и снижается содержание обменного калия по сравнению с озимой пшеницей в качестве предшественника (таблица 3). По чёрному пару резко возрастает количество нитратного азота в почве до 2,69 мг/100 г почвы.

Таблица 3

Основные агрохимические показатели почвы при возделывании чечевицы сорта Восточная под влиянием биопрепаратов и предшественника

Вариант	2021 г. предшественник – чёрный пар				2022 г. предшественник – оз. пшеница			
	рН сол.	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН сол.	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г почвы				мг/100 г почвы		
До посева (1 контроль)	5,15	2,69	21,1	13,6	5,68	0,28	20,7	17,2
После уборки (2 контроль)	5,28	0,78	22,5	17,0	5,94	0,42	23,8	21,6
Ризобин ^{агро} (после уборки)	5,35	0,84	22,9	15,7	5,65	0,52	21,2	17,6
Микробиоком ^{агро} (после уборки)	5,12	0,69	23,7	16,1	5,68	0,51	21,9	16,8

При возделывании чечевицы вне зависимости от предшественника произошло незначительное раскисление почвы, которое может быть снято Микробиоком^{агро}. В 2021 году

по чёрному пару произошло увеличение подвижных форм фосфора и калия. В 2022 году по озимой пшенице это увеличение было нивелировано только по калию в вариантах с биопрепаратами. В опытах по чёрному пару произошло резкое (в 2-3 раза) уменьшение содержания в почве нитратного азота от 2,69 мг/100 г почвы до 0,69 мг/100 почвы. По озимой пшенице наоборот отмечено значительное его увеличение, усиленное влиянием биопрепаратов от 0,28 мг/100 г почвы до 0,52 мг/100 г почвы. Объяснение этому, с нашей точки зрения, следует искать в переходе растений с одного типа питания азотом на другой. Возможно, что по чёрному пару, в условиях слабой симбиотической азотфиксации, или её полного отсутствия, преобладает автотрофный тип питания с использованием легкодоступных форм азота, а по озимой пшенице при наличии в почве значительного количества органических материалов создаются условия для создания симбиотического аппарата и частичному (иногда значительному) переходу на симбиотрофный тип питания атмосферным азотом. В этих условиях и происходит накопление нитратного азота, биопрепараты усиливают эти процессы.

Оценка обеспеченности почв элементами питания показала, что на опытном участке перед посевом нута и чины в 2021 г. содержание P_2O_5 оценивалось как оптимальное, K_2O – как среднее; в 2022 г. содержание P_2O_5 и K_2O оценивалось как высокое (табл. 4).

Таблица 4

Влияние биопрепаратов на изменение основных агрохимических показателей почвы при возделывании нута и чины

Вариант	2021 г.				2022 г.			
	рН сол.	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН сол.	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г почвы				мг/100 г почвы		
Нут								
До посева (1 контроль)	5,37	2,14	19,18	11,87	5,72	0,56	51,9	19,9
После уборки (2 контроль)	5,85	0,36	20,50	13,57	5,95	0,93	69,1	16,8
Ризобин ^{агро} (после уборки)	5,75	0,40	20,02	14,84	6,01	1,62	49,7	22,1
Микробиоком ^{агро} (после уборки)	5,60	0,35	21,35	13,99	5,74	1,32	77,1	18,1
Чина								
До посева (1 контроль)	5,37	2,14	19,18	11,87	5,72	0,56	51,9	19,9
После уборки (2 контроль)	5,44	0,35	19,58	12,72	5,93	2,24	63,8	19,9
Ризобин ^{агро} (после уборки)	5,44	0,40	18,29	11,89	5,66	2,24	79,2	22,1
Микробиоком ^{агро} (после уборки)	5,52	0,34	18,96	13,57	5,88	1,07	94,5	19,0

При возделывании нута по черному пару в 2021 году наблюдалась аналогичная картина как по чечевице: подкисление почвы, значительное снижение в почве нитратного азота от 2,14 мг/100 г почвы до 0,35 мг/100 г почвы, резкое увеличение содержания подвижного фосфора и обменного калия. В 2022 году наоборот наблюдалось увеличение нитратного азота в почве, максимальное от 0,56 мг/100 г почвы перед посевом до 1,62 мг/100 г почвы после уборки в варианте с применением Ризобин^{агро}. Содержание подвижных форм фосфора увеличилось во всех вариантах, кроме Ризобин^{агро}, обменного калия наоборот снизилось во всех вариантах, кроме Ризобин^{агро}.

В процессе возделывания чины в 2021 году произошло снижение в почве нитратного азота от 2,14 мг/100 г почвы до 0,34 мг/100 г почвы в варианте с Микробиоком^{агро}, а также снижение подвижного фосфора в вариантах с применением микробных препаратов, содержание калия увеличилось. В 2022 году содержание нитратного азота увеличилось от

0,56 мг/100 г почвы до 2,24 мг/100 г почвы, возросло содержание подвижного фосфора в почве, максимально до 94,5 мг/100 почвы в варианте с Микробиоком^{агро}, содержание доступного калия увеличилось только в варианте с Ризобин^{агро}.

Как уже отмечалось выше, уменьшение содержания подвижных форм азота после уборки культур косвенно указывает на преобладание автотрофного типа азотного питания растений над симбиотрофным, что характерно для возделывания культур по черному пару в качестве предшественника. В 2022 году наблюдалось накопление нитратного азота в почве в процессе возделывания нута и чины, несмотря на то, что предшественник так же был черный пар. Возможно, это связано с высокой симбиотической активностью, усиленной деятельностью микробиологических препаратов. Разница же данных по содержанию подвижных форм фосфора и калия по годам и культурам, возможно, обусловлена доминирующими потребностями культур в том или ином элементе питания в различные фазы вегетации в конкретных почвенных условиях. Особенности накопления подвижных форм фосфора в почве могут быть взаимосвязаны и с действием Микробиоком^{агро}, в состав которого включены фосфатмобилизующие микроорганизмы.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что эффективность применения микробиологических препаратов на основе азотфиксирующих клубеньковых бактерий зависит от погодных и почвенных условий в период формирования симбиотического аппарата, от предшественника и биологических особенностей самой культуры.

Наиболее эффективным приемом при возделывании чечевицы была предпосевная инокуляция семян Ризоторфином штамм 724 и Ризобин^{агро}. В этих вариантах проявилась устойчивая тенденция к повышению урожая зерна, а также увеличению количества и массы клубеньков.

Применение микробных препаратов при возделывании нута повышало урожайность изученных сортов во всех вариантах опыта. Максимальное число клубеньков и их масса формировались в варианте с Ризоторфином штамм 527.

При возделывании чины наибольшую эффективность показало применение для предпосевной обработки семян комплекса микробиологических препаратов (Микробиоком^{агро}).

При возделывании зернобобовых культур по черному пару наблюдается снижение содержания нитратного азота в почве, что предположительно связано с преобладанием автотрофного типа питания с использованием легкодоступных форм азота над симбиотрофным. По озимой пшенице создаются лучшие условия для создания симбиотического аппарата и перехода растений на симбиотрофный тип питания атмосферным азотом. Под влиянием чего происходит накопление нитратного азота. Биопрепараты на основе клубеньковых бактерий усиливают эти процессы.

По черному пару также отмечается существенное увеличение подвижных форм фосфора и калия. Однако эта тенденция носит факультативный характер, в определенной мере обусловленный потребностями культуры в том или ином элементе питания в различные фазы вегетации, а также применением Микробиоком^{агро}, в состав которого включены фосфатмобилизующие микроорганизмы, повышающие доступность элементов минерального питания растений.

Литература

1. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198
2. Донская М.В., Донской М.М., Наумкин В.П. Рекомендации по возделыванию чины посевной. – Орел: Картуш, – 2022. – 32 с.
3. Васильчиков А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие, – 2014. – № 4. – С. 8-11.

4. Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // *Плодородие*, – 2016. – № 5. – С. 28-32.
5. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова В.А. Изменение агрохимических свойств почвы и водного режима в зависимости от предшественников озимой пшеницы в условиях юго-востока Центрально-Чернозёмной зоны // *Научно-агрономический журнал*, – 2019. – № 3 (106). – С.10-12. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10202
6. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских чернозёмов в системе агроценоза. // Новосибирск: Наука, – 1984. – 233 с.
7. Антипина Л.П. Оптимизация фосфатного режима почв Новосибирской области. Методические рекомендации. – Новосибирск, 1990. - 21 с.
8. Синещёков В.Е., Крупская В.Н. Содержание подвижного фосфора в почве в зернопаровом севообороте при уровне химизации в лесостепи Новосибирского Приобья // *Агрохимия*, – 2020. – № 10. – С. 3-8. DOI: 10.31857/S0002188120100129
9. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
10. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2020. – № 3(35). – С. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179
11. Гурьев Г.П. Влияние предшественника на симбиотическую азотфиксацию у гороха // *Зернобобовые и крупяные культуры*, – 2015. – № 1 (13). – С. 34-38.

References

1. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of leguminous and cereal crops production in Russia based on the use of breeding achievements // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020. - no. 4(36). - Pp. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198 (In Russian)
2. Donskaya M.V., Donskoi M.M., Naumkin V.P. Recommendations for cultivation of grass pea. - Orel: Kartush Publ., 2022. - 32 p. (In Russian)
3. Vasil'chikov A.G. Comparative evaluation of the size of symbiotic nitrogen fixation of grain legumes // *Zemledelie*, 2014. - no. 4. - Pp. 8-11. (In Russian)
4. Tikhonovich I.A., Zavalin A.A. Prospects for the use of nitrogen-fixing and phyto-stimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agro-ecological situation in the Russian Federation // *Plodorodie*, 2016. - no. 5. - Pp. 28-32. (In Russian)
5. Turusov V.I., Bogatykh O.A., Dronova N.V., Balyunova V.A. Change of soil agrochemical properties and water regime depending on winter wheat forecrops in conditions of the south-east of the Central Chernozem zone // *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2019. - no. 3 (106). - Pp.10-12. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10202 (In Russian)
6. Burlakova L.M. Fertility of Altai chernozems in the system of agrocenosis. - Novosibirsk: Nauka, 1984. - 233 p. (In Russian)
7. Antipina L.P. Optimization of phosphate regime of soils in the Novosibirsk region. Methodical Recommendations. - Novosibirsk, 1990. - 21p. (In Russian)
8. Sineshchekov V.E., Krupskaya V.N. Content of mobile phosphorus in soil in grain and fallow crop rotation at the level of chemicalization in the forest-steppe of the Novosibirsk Priobye region // *Agrokimiya*, 2020. - no. 10. - Pp. 3-8. DOI: 10.31857/S0002188120100129 (In Russian)
9. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Grain legumes - an important factor for sustainable ecologically oriented agriculture // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016. - no. 1(17). - Pp. 6-13. (In Russian)
10. Zotikov V.I. Domestic breeding of leguminous and cereal crops // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020. - no. 3(35). - Pp. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179
11. Gur'ev G.P. Effect of forecrop on symbiotic nitrogen fixation in peas // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015. - no. 1 (13). - Pp. 34-38. (In Russian)