

DOI 10.5281/zenodo.10134307

EDN LTPLSK

УДК 579.64:663.31/.37

Гурьев Г. П.¹, Суворова Г. Н.¹, Пташник О. П.², Якубовская А. И.², Каменева И. А.²

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИМБИОЗА (КЛУБЕНЬКИ) И УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕЧЕВИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Чечевица *Lens culinaris Medik.* известна человеку с древних времен и традиционно ценится как источник энергии, белка, минералов, витаминов, пищевых волокон. Важнейшей биологической особенностью чечевицы, как и других бобовых культур, является её способность устанавливать симбиотические связи с клубеньковыми бактериями семейства *Rhizobiaceae*. Цель исследований заключалась в испытании инновационных биопрепаратов, разработанных в ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», на сортах чечевицы (*Lens culinaris Medik.*) селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» в различных почвенно-климатических условиях и выборе наиболее подходящих для увеличения урожая. Исследования проведены в 2020–2022 гг. в ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» (ФНЦ ЗБК, Орловская область), а также ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Республика Крым) в условиях полевых опытов. Используемые биопрепараты – Ризобин^{агро} (на основе симбиотических азотфиксирующих бактерий) и Микробиоком^{агро}, включающий Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} (на основе бактерий, мобилизующих труднодоступные фосфаты) и Биопрофид^{агро} (на основе микроорганизмов, подавляющих рост фитопатогенных грибов и бактерий), а также чечевица двух сортов Аида и Восточная. В условиях Орловской области в целом урожайность чечевицы (за исключением 2020 г.) была существенно выше, чем в Крыму. Применение Ризобин^{агро} в 2020–2022 гг. в Орловской области способствовало повышению урожайности зерна чечевицы сорта Аида на 0,2 т/га, сорта Восточная – 0,12 т/га. В Крыму положительная тенденция для двух сортов отмечена при применении комплексного бактериального препарата Микробиоком^{агро}. Максимальные прибавки урожая по сортам составляли 0,18 т/га и 0,19 т/га соответственно. Предпосевная инокуляция семян чечевицы сорта Аида в условиях Крыма способствовала увеличению количества и соответственно массы клубеньков на растениях в два раза (24–28 шт., при 12 шт. в контрольном варианте); сорта Восточная – 1,5 раза (32–33 шт., при 23 шт. в контроле).

Ключевые слова: чечевица (*Lens culinaris Medik.*), сорт, биопрепараты, симбиотическая азотфиксация, гидротермический коэффициент.

Для цитирования: Гурьев Г. П., Суворова Г. Н., Пташник О. П., Якубовская А. И., Каменева И. А. Оценка влияния биопрепаратов на структурные элементы симбиоза (клубеньки) и урожайность чечевицы в условиях Орловской области и Республики Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 3 (35). С. 33–41. EDN: LTPLSK. DOI: 10.5281/zenodo.10134307.

For citation: Guryev G. P., Suvorova G. N., Ptashnik O. P., Yakubovskaya A. I., Kameneva I. A. Evaluation of the effect of biological products on the structural elements of symbiosis (nodules) and yield of lentils under conditions of the Orel region and the Republic of Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 3(35). P. 33–41. EDN: LTPLSK. DOI: 10.5281/zenodo.10134307.

Введение

Чечевица *Lens culinaris* Medik. известна человеку с древних времен и традиционно ценится как источник энергии, белка, минералов, витаминов, пищевых волокон [1–3]. С 60-х гг. производство ее ежегодно увеличивается – от 1 млн т в 1961 г. до 5,6 млн т в 2021 г. [4, 5]. Основными производителями зерна чечевицы являются Канада, Индия, Австралия, Турция. В Российской Федерации интерес к этой культуре возобновился в последнее десятилетие: если в 2010 г. в России было произведено 25,3 тыс. т семян чечевицы, то в 2021 г. получено 161,3 тыс. т семян [5].

Важнейшей биологической особенностью чечевицы, как и других бобовых культур, является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями семейства Rhizobiaceae удовлетворять свои потребности в азоте на 50–70 % за счёт азотфиксации из воздуха. К примеру, белорусскими учёными установлено, что количество симбиотического азота у сорта чечевицы Рауза (селекция ФГБУН «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур») (ФНЦЗБК) составило 40 кг/га [6]. Совместное применение препаратов на основе ризобияльных и ризосферных ассоциативных микроорганизмов в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии позволило в 2,0–3,5 раза увеличить активность симбиотической деятельности в ризосферной части растений чечевицы и увеличить продуктивность агроценоза на 40–60 % [7]. Применение полифункциональных микробных препаратов в Крыму повышало урожайность бобовых на 10–40 %, а содержание белка – на 2–6 % [8, 9].

Учитывая, что чечевица является давно возделываемой культурой, в почве могут присутствовать так называемые «дикие» или спонтанные клубеньковые бактерии. Кроме того, чечевица не имеет строгой избирательности к другим видам клубеньковых бактерий, как например, горох, чина, кормовые бобы, вика, которые обладают высокой вирулентностью, конкурентоспособностью, но меньшей эффективностью, и могут колонизировать корни чечевицы, нивелируя эффект от инокуляции микробными препаратами [10, 11].

Цель исследований – испытание инновационных биопрепаратов, разработанных в НИИСХ Крыма на сортах чечевицы селекции ФНЦЗБК в различных почвенно-климатических условиях и выборе наиболее подходящих для увеличения урожая.

Материал и методы исследований

Исследования были проведены в течение 2020–2022 гг. на полях ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур» (Орловская область, Орловский район, п. Стрелецкий) и ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Республика Крым, Красногвардейский район, с. Клепонино).

Климат Орловского района характеризуется как умеренно-континентальный со средней годовой температурой +8,3 °С и среднегодовым количеством осадков 520–630 мм. Почвы участков проведения опытов тёмно-серые лесные, тяжелосуглинистые, со следующими агрохимическими показателями: P₂O₅ – 14,0–15,5 мг/100 г почвы (содержание повышенное), K₂O – 12,1–12,3 мг/100 г почвы по Кирсанову (содержание повышенное), гумус – 5,4 % (содержание среднее), рН_{сол.} 5,4–5,6 (среднекислая).

Климат района расположения опытов в Крыму степной, умеренно холодный, полусухой, континентальный, с большими годовыми и суточными колебаниями температуры. Среднегодовая температура воздуха составляет + 9,8–10,4 °С. Годовая сумма осадков 340–418 мм. Почва опытного участка – чернозём южный, малогумусный (гумуса 2,26 %), легко суглинистый. Содержание подвижного фосфора составляет 4,6–6,0 мг/100 г почвы (низкое), обменного калия – 32–36 мг/100 г почвы (очень высокое).

Материалом для исследований служили два сорта чечевицы – Аида и Восточная селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Предпосевную обработку семян проводили

биопрепаратами, разработанными в отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма»: Ризобин^{азро} (препарат на основе высокоэффективных азотфиксирующих штаммов клубеньковых бактерий) [11] и Микробиоком^{азро} (универсальный бактериальный комплекс, включающий симбиотические, фосфатмобилизующие и биопротекторные микроорганизмы). Основой микробных препаратов являются штаммы живых бактериальных культур, зарегистрированные в Крымской коллекции микроорганизмов ФГБУН «НИИСХ Крыма» (<http://skprf.ru/usu/507484/>). Семена контрольного варианта не обрабатывали микробными препаратами.

Исследования проводили в зонах, резко отличающихся по климату и почвенному плодородию. Крым отличается от Орловской области не только сухим и жарким вегетационным периодом, но и невысоким плодородием почв с низким содержанием гумуса и фосфора. В условиях Орловской области, входящей в состав севера Чернозёмной зоны с умеренно-континентальным климатом, в июне–июле случаются почвенные и атмосферные засухи. К примеру, в 2021 г. гидротермический коэффициент (ГТК) в июне составил 0,49 (сильная засушливость), а в июле – 0,92 (засушливость). Для Крыма характерен засушливый период от середины апреля до середины мая, при ГТК = 0,49–0,79. Затем засушливый период снова продолжается в июне. В период плодообразования–созревания у чечевицы (конец июня–начало июля) происходит выпадение осадков и ГТК на уровне 1,13–1,99. Полевые опыты проводили в 2020–2022 гг., используемые биопрепараты – Ризобин^{азро} (на основе симбиотических азотфиксирующих бактерий) и Микробиоком^{азро}, включающий Ризобин^{азро}, Фосфостим^{азро} (на основе бактерий, мобилизующих труднодоступные фосфаты) и Биопрофид^{азро} (на основе микроорганизмов, подавляющих рост фитопатогенных грибов и бактерий), а также чечевица двух сортов – Аида и Восточная.

В ФНЦЗБК опыты закладывали по черному пару в 2020 и 2021 гг. и по озимой пшенице в 2022 г. Посев чечевицы при норме 2,2–2,5 млн всхожих семян на гектар проводили сеялкой СКС-6 10-рядовым способом. Учётная площадь делянок составила 8,25–13,95 м² в зависимости от года. Повторность вариантов четырёхкратная. Метод размещения делянок – систематический по Б.А. Доспехову [12]. Обработку семян биопрепаратами проводили в день посева, избегая прямых солнечных лучей. Уборку проводили прямым способом с помощью комбайна Сампо-130.

Полевые опыты в ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводили в суходольном десятипольном севообороте. Опыты закладывали систематическим методом, повторность вариантов четырёхкратная. Учётная площадь делянки 25 м². Посев осуществляли селекционной сеялкой СКС-6-10 с нормой высева 2,2 млн всхожих семян на гектар. Уборку урожая проводили малогабаритным комбайном «Wintersteiger Classic».

Математическую обработку результатов опыта проводили методами вариационного и дисперсионного анализов [12] с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Урожайность чечевицы в целом в Орловской области, за исключением нетипичного по условиям 2020 г., была существенно выше, чем в Крыму. Так, в среднем за 2021 и 2022 гг. в контрольных вариантах у сорта Аида урожайность в Орловской области составила 2,23 т/га, в Крыму – 1,07 т/га, у сорта Восточная – 1,73 т/га и 1,15 т/га соответственно (таблица 1).

Отмечена устойчивая тенденция увеличения урожайности при применении Ризобин^{азро} и особенно препарата Микробиоком^{азро} в Крыму, что вполне логично, учитывая резкий недостаток доступного фосфора в почвах Крыма. В Орловской

области при повышенном содержании подвижного фосфора в почве эффективность препарата Микробиоком^{агро}, за исключением сорта Аида в 2021 г., была в пределах ошибки опыта.

Таблица 1 – Урожайность чечевицы (т/га) в условиях Орловской области и Республики Крым (2020–2022 гг.)

Вариант	Орловская область		Республика Крым	
	Аида	Восточная	Аида	Восточная
2020 г.				
Контроль	0,67	0,97	0,63	0,81
Ризобин ^{агро}	1,11*	1,10*	0,66	0,95*
Микробиоком ^{агро}	0,65	0,87	0,71*	0,99*
НСР ₀₅	0,12	0,12	0,03	0,03
2021 г.				
Контроль	1,83	1,07	0,64	0,64
Ризобин ^{агро}	1,96*	1,15	0,65	0,68
Микробиоком ^{агро}	1,96*	1,05	0,73	0,83*
НСР ₀₅	0,11	0,11	0,07	0,08
2022 г.				
Контроль	2,63	2,39	1,49	1,66
Ризобин ^{агро}	2,66	2,56*	1,66	1,74*
Микробиоком ^{агро}	2,56	2,24	1,67*	1,73*
НСР ₀₅	0,12	0,12	0,17	0,07

Примечание. * – различия достоверны при $p \leq 0,05$.

Предпосевная обработка семян чечевицы Ризобин^{агро} положительно повлияла на урожайность, показав тенденцию к её увеличению. Достоверная прибавка от действия препарата Ризобин^{агро} получена в 2020 г. у обоих сортов чечевицы при общей низкой урожайности, так у сорта Аида она составила 0,44 т/га (39 %). При этом мы исключаем 2021 г., крайне неблагоприятный для образования и дальнейшего функционирования симбиотического аппарата. ГТК в июне составил 0,49 (сильная засушливость), а в июле – 0,74 (засушливость). В 2022 г. прибавка от действия Ризобин^{агро} на уровне 0,17 т/га получена у сорта Восточная.

Установлено, что сорта чечевицы Аида и Восточная отзывчивы на бактериализацию семян биопрепаратом Микробиоком^{агро} в условиях Республики Крым. Максимальные прибавки урожая по сортам составляли 0,18 и 0,19 т соответственно.

Одним из показателей формирования симбиоза азотфиксирующих бактерий с растением является образование клубеньков на корнях. Тенденции увеличения урожайности под влиянием биопрепаратов сопоставима с тенденцией увеличения количества и массы клубеньков в этих вариантах (таблица 2).

Подсчет клубеньков и определение их биомассы проводили в фазе массового цветения растений. Установлено увеличение количества клубеньков на корнях инокулированных биопрепаратами растений исследуемых сортов в сравнении с контролем.

Предпосевная инокуляция семян чечевицы сорта Аида в условиях Крыма способствовала увеличению количества и соответственно массы клубеньков на растениях в 2 раза (24-28 шт.) при 12 шт. в контрольном варианте; сорта Восточная – 1,5 раза (32-33 шт.) при 23 шт. в контроле. Следует отметить общие закономерности в условиях Орловской области: сорт Аида, и в меньшей степени Восточная оказались отзывчивыми на инокуляцию Ризобин^{агро}; Микробиоком^{агро} также стимулировал образование клубеньков, но в меньшей степени. Объяснение данному факту, как мы предполагаем, можно найти в самом составе препарата, который содержит микроорганизмы, мобилизующие труднодоступные фосфаты, а при наличии в почве

высокого уровня подвижных форм фосфора возможны конкурентные отношения между разными группами бактерий, в том числе клубеньковыми. На полях ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур» предпосевная бактериализация семян микробным препаратом Ризобин^{агро} способствовала увеличению количества клубеньков на корнях растений чечевицы сортов Аида и Восточная до 32 (на 48,8 %) и 24 (29,7 %) шт./растение соответственно и массы – на 66,7 % и 57,1 % соответственно по сортам. Достоверного влияния на исследуемые показатели препарата Микробиоком^{агро} не установлено.

Таблица 2 – Количество и масса клубеньков на корнях растений чечевицы в различных почвенно-климатических условиях

Вариант	Орловская область (среднее за 2020, 2022 гг.)		Республика Крым (среднее за 2020-2022 гг.)	
	количество клубеньков, шт./растение	масса клубеньков с растения, г	количество клубеньков, шт./растение	масса клубеньков с растения, г
сорт Аида				
Контроль	21,5 ± 4,5	0,21 ± 0,03	12,0 ± 3,89	0,25 ± 0,05
Ризобин ^{агро}	32,0 ± 3,8	0,35 ± 0,05	24,0 ± 6,51	0,47 ± 0,12
Микробиоком ^{агро}	24,5 ± 4,0	0,29 ± 0,05	28,0 ± 8,08	0,42 ± 0,13
сорт Восточная				
Контроль	18,5 ± 5,1	0,23 ± 0,06	23,0 ± 5,03	0,21 ± 0,05
Ризобин ^{агро}	24,0 ± 5,0	0,29 ± 0,07	32,3 ± 7,22	0,33 ± 0,10
Микробиоком ^{агро}	22,5 ± 4,9	0,24 ± 0,06	33,7 ± 5,90	0,36 ± 0,11

Учёты количественных показателей симбиотической азотфиксации в 2022 г. показали, что при сохранении общей тенденции увеличения количества и массы клубеньков под влиянием биопрепаратов, есть и отличия. Они заключаются в том, что формирование клубеньков началось несколько раньше, чем в 2020 г., абсолютные значения количества и массы в среднем выше, а максимальные величины пришлись на начало цветения. Отбор растительных проб через неделю после пиковых значений показал разрушение клубеньков, а к моменту полного цветения (отбор четвертого июля) отмечена их тотальная деструкция. Если более высокие абсолютные показатели количества и массы клубеньков мы связываем с предшественником (озимая пшеница), который своими пожнивно-корневыми остатками улучшает водно-физические свойства почвы и стимулирует размножение клубеньковых бактерий, то резкая деструкция клубеньков безусловно связана с жестким водным дефицитом (ГТК = 0,92, количество осадков в первой декаде июля составило 6,6 мм, при этом средняя суточная температура – 21,3 °С). Таким образом, процесс симбиоза был ограничен примерно 15 днями.

Клубеньки на корнях чечевицы в наших опытах образовывались не только при искусственной инокуляции, но и в контрольных вариантах. Это свидетельствует о наличии в почве спонтанных штаммов «диких» клубеньковых бактерий, тем более, что чечевица, как было отмечено выше, может перекрёстно заражаться клубеньковыми бактериями других видов бобовых, к примеру, гороха, конских бобов, вики. При этом, обладая меньшей эффективностью, они могут быть более вирулентны и конкурентоспособны. В исследованиях, выполненных в Московской области коллективом авторов на различных видах бобовых показано, что нодуляционная конкурентоспособность производственных штаммов ризобий на фоне аборигенных клубеньковых бактерий не превышала 50 % [13].

Нами показано, что период активной азотфиксации у чечевицы очень короткий и составлял примерно 15 суток; к моменту полного цветения происходило отмирание клубеньков. Интересный факт отрицательной корреляции между эффективностью

фиксации атмосферного азота и продолжительностью периода всходы–цветение у чечевицы показан в работе исследователей штата Монтана [14]. Несмотря на то, что корреляция между урожайностью чечевицы и параметрами азотфиксации может быть непостоянной и разнонаправленной [14], ученые приходят к выводу, что использование микробиологических препаратов содержащих азотфиксирующие бактерии повышает эффективность фиксации азота и увеличивает урожайность чечевицы [15, 16]. В наших исследованиях подтверждена эффективность микробных препаратов Ризобин^{агро} и Микробиоком^{агро} на фоне спонтанной инокуляции в исследуемых почвенно-климатических условиях.

Выводы

При сравнительной оценке двух разных по почвенно-климатическим условиям регионов России можно констатировать, что в Орловской области (север Центрально-Чернозёмной зоны) условия для возделывания чечевицы более благоприятные, о чём свидетельствуют данные по урожайности.

Инокуляция семян препаратом Ризобинагро в Орловской области проявила устойчивую тенденцию к повышению урожая зерна чечевицы сорта Аида до 0,44 т/га и соответствовала той же тенденции относительно количества и массы клубеньков. Прибавка урожайности у сорта Аида в Орловской области в среднем за три года составила 0,2 т/га, у сорта Восточная – 0,12 т/га. Число клубеньков на корнях растений чечевицы в варианте Ризобин^{агро} увеличивалось на 30–50 %, а их масса – на 57–67 %. Эффективность комплексного бактериального препарата (Микробиоком^{агро}) в условиях Орловской области была в пределах ошибки опыта.

В условиях Крыма Ризобин^{агро} и особенно Микробиоком^{агро} повышали урожайность испытанных сортов чечевицы в годы исследований. Максимальные прибавки урожая составили: 0,18 т (Аида) при бактериализации семян препаратом Ризобин^{агро} в 2022 г. и 0,19 т (Восточная) при предпосевной обработке Микробиоком^{агро}.

Литература

1. Laskar R. A., Khan S., Deb C.R., Tomlekova N., Wani M. R., Raina A., Amin R. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) diversity, cytogenetics and breeding // *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*. 2019. P. 319–369. DOI: 10.1007/978-3-030-23400-3_9.
2. Зотиков В. И., Вилюнов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. № 25 (4). С. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
3. Pérez de la Vega M., Pedro G. G., Gutierrez-Gonzalez J. J., Sáenz de Miera L. E. Tackling lentil biotic stresses in the genomic era. Chapter 5 // In book: *Genomic Designing for Biotic Stress Resistant Pulse Crops*. Ed. By Kole C. Springer Cham. 2022. P. 253–308. DOI: 10.1007/978-3-030-91043-3_5.
4. Khazaei H., Subedi M., Nickerson M., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Vandenberg A. Seed protein of lentils: current status, progress, and food applications // *Foods*. 2019. Vol. 8. Art. No. 391. DOI: 10.3390/foods8090391.
5. ФАОСТАТ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize> (дата обращения 07.06.2023).
6. Босак В. Н., Сачивко Т. В., Кошман Н. Е. Особенности азотфиксации в посевах бобовых овощных культур // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий»*. Ч. I. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2019. С. 15–17.
7. Ханиева И. М., Чапаев Т. М., Бозиев А. Л. Эффективность применения биопрепаратов на посевах чечевицы в предгорной зоне КБР // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2019. № 2. С. 175–180.
8. Турина Е. Л., Дидович С. В., Кулинич Р. А. Применение полифункциональных препаратов при выращивании бобовых культур в Крыму // *Земледелие*. 2015. № 2. С. 31–33.
9. Дидович С. В. Перспективы сельскохозяйственной микробиологии. Гл. 2.2 // В кн.: *Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма* // Под ред. В.С. Паштецкого. Симферополь: Ариал, 2019. С. 158–171.

10. Тихонович И. А., Борисов А. Ю., Васильчиков А. Г., Жуков В. А., Кожемяков А. П., Наумкина Т. С., Чеботарь В. К., Штарк О. Ю., Яхно В. В. Специфичность микробиологических препаратов для бобовых культур и особенности их производства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 3. С. 11–17.

11. Патент РФ №2785451 «Штамм клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* – активный симбиотический азотфиксатор для гороха, чины, чечевицы, рекомендованный как основа микробного препарата» // Авторы: Дидович С. В., Каменева И. А., Алексеенко О. П., Пась А. Н. Патентообладатель: ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». 2022. Бюлл. № 34.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 315 с.

13. Хапчаева С. А., Дидович С. В., Топунов А. Ф. Специфичность симбиотических взаимодействий бактерий рода *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* с растениями трибы *viciae* // Экологическая генетика. 2018. Т. 16. № 4. С. 51–60. DOI: 10.17816/ecogen16451-60.

14. Baber K., Jones C., McPhee K., Miller P. R., Lamb P. Nitrogen fixation among pea and lentil varieties in the northern Great Plains // *Agronomy Journal*. 2023. DOI: 10.1002/agj2.21419.

15. Khanna V., Sharma P. Potential for enhancing lentil (*Lens culinaris*) productivity by co-inoculation with PSB, plant growth-promoting rhizobacteria and *Rhizobium* // *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2011. Vol. 81. No. 10. P. 48–50.

16. Jones C., Baber K., Miller P. R., Lamb P., Atencio S. Lentil nitrogen fixation response to fertilizer and inoculant in the northern Great Plains // *Agronomy Journal*. 2023. DOI: 10.1002/agj2.21421.

References

1. Laskar R. A., Khan S., Deb C.R., Tomlekova N., Wani M. R., Raina A., Amin R. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) diversity, cytogenetics and breeding // *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*. 2019. P. 319–369. DOI: 10.1007/978-3-030-23400-3_9.

2. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Present-day breeding of legumes and groat crops in Russia // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. No. 25 (4). P. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.

3. Pérez de la Vega M., Pedro G. G., Gutierrez-Gonzalez J. J., Sáenz de Miera L. E. Tackling lentil biotic stresses in the genomic era. Chapter 5 // In book: *Genomic Designing for Biotic Stress Resistant Pulse Crops*. Ed. By Kole C. Springer Cham. 2022. P. 253–308. DOI: 10.1007/978-3-030-91043-3_5.

4. Khazaei H., Subedi M., Nickerson M., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Vandenberg A. Seed protein of lentils: current status, progress, and food applications // *Foods*. 2019. Vol. 8. Art. No. 391. DOI: 10.3390/foods8090391.

5. FAOSTAT. [Electronic resource]. Access point: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize> (reference's date 07.06.2023).

6. Bosak V.N., Sachivko T.V., Koshman N.E. Features of nitrogen fixation in legume vegetable crops // *Scientific support of agroindustrial complex development under conditions of import substitution: collection of scientific works based on the materials of the international scientific-practical conference “Development of the agro-industrial complex on the basis of modern scientific achievements and digital technologies”*. Part I. St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2019. P. 15–17.

7. Khanieva I.M., Chapaev T.M., Bosiev A.L. The effectiveness of the use of biological products on the crops of lentils in the foothill zone of the Kabardino-Balkar Republic // *Daghestan GAU Proceedings*. 2019. No. 2. P. 175–180.

8. Turina E. L., Didovich S. V., Kulinich R. A. Multifunctional biological preparations application at legumes cultivation in the Crimea // *Zemledelie*. 2015. No. 2. P. 31–33.

9. Didovich S.V. Prospects of agricultural microbiology. Chap. 2.2 // In book: *Problems and prospects of innovative development of rural territories of Crimea* / Ed. by V.S. Pashtetsky. Simferopol: Arial, 2019. P. 158–171.

10. Tikhonovich I. A., Borisov A. Yu., Vasilchikov A. G., Zhukov V. A., Kozhemyakov A. P., Naumkina T. S., Chebotar V. K., Stark O. Yu., Yakhno V. V. Specificity of microbiological preparations for bean crops and features of its production // *Legumes and Groat Crops*. 2012. No. 3. P. 11–17.

11. RF Patent No. 2785451 “Strain of nodule bacteria *Rhizobium leguminosarum* – an active symbiotic nitrogen fixator for pea, vetchling, lentils recommended as the basis of a microbial preparation” / Authors: Didovich S. V., Kameneva I. A., Alekseenko O. P., Pas A. N. Patent holder: FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. 2022. Bull. No. 34.

12. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 315 p.

13. Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Topunov A. F., Mulyukin A.L., Zotov V.S. Specificity of the symbiotic interactions of bacteria of the genus *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* with plants of the tribe *Viciae* // *Ecological genetics*. 2018. Vol. 16. No. 4. P. 51–60. DOI: 10.17816/ecogen16451-60.

14. Baber K., Jones C., McPhee K., Miller P. R., Lamb P. Nitrogen fixation among pea and lentil varieties in the northern Great Plains // *Agronomy Journal*. 2023. DOI: 10.1002/agj2.21419.

15. Khanna V., Sharma P. Potential for enhancing lentil (*Lens culinaris*) productivity by co-inoculation with PSB, plant growth-promoting rhizobacteria and *Rhizobium* // *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2011. Vol. 81. No. 10. P. 48–50.

16. Jones C., Baber K., Miller P. R., Lamb P., Atencio S. Lentil nitrogen fixation response to fertilizer and inoculant in the northern Great Plains // *Agronomy Journal*. 2023. DOI: 10.1002/agj2.21421.

UDC 579.64:663.31/.37

Guryev G. P., Suvorova G. N., Ptashnik O. P., Yakubovskaya A. I., Kameneva I. A.
EVALUATION OF THE EFFECT OF BIOPREPARATIONS ON THE STRUCTURAL ELEMENTS OF SYMBIOSIS (NODULES) AND YIELD OF LENTILS UNDER CONDITIONS OF THE OREL REGION AND THE REPUBLIC OF CRIMEA

Summary. *Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is the pulse crop known to man since ancient times. This crop is traditionally valued as a source of energy, protein, minerals, vitamins, as well as dietary fibre. One of the most important biological features of lentils, as well as other legumes, is its ability to establish symbiotic relationships with nodule bacteria of the family Rhizobiaceae. The purpose of the research was twofold: first, under different soil and climatic conditions, test innovative biological preparations developed in the Research Institute of Agriculture of Crimea on lentils varieties bred by the scientists from Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops (FSC LGC); and then, choose the best *L. culinaris* variety to improve crop yield. The studies were carried out in 2020–2022 under conditions of field experiments in two different locations: FSC LGC (Orel region); Research Institute of Agriculture of Crimea (Republic of Crimea). In the course of the current research, we used the following microbial preparations: Rhizobin^{agro} (based on symbiotic nitrogen-fixing nodule bacteria); Microbiocom^{agro} (a universal multystrain microbial preparation composed of Rhizobin^{agro}, Phosphostim^{agro} (based on bacteria that converts poorly soluble phosphorus compounds into forms available for plants) and Bioprofid^{agro} (based on microorganisms that inhibit the growth of phytopathogenic fungi and bacteria). All surveys and observations were carried out on two lentils varieties: ‘Aida’ and ‘Vostochnaya’. Under conditions of the Orel region, on average, the yield of lentils (with the exception of 2020) was significantly higher than that of in the Crimea. In 2020–2022, in the Orel region, the use of Rhizobin^{agro} contributed to an increase in the lentil grain yield: ‘Aida’ – by 0.2 t/ha, ‘Vostochnaya’ – by 0.12 t/ha. In Crimea, a positive trend was also noted but only after the application of complex bacterial preparation Microbiocom^{agro}. The maximum yield increase was 0.18 t/ha for ‘Aida’ and 0.19 t/ha for ‘Vostochnaya’. Pre-sowing inoculation of lentil seeds of ‘Aida’ variety under conditions of Crimean Peninsula contributed to an increase in the number and, accordingly, the mass of nodules on plants twice (24–28 pcs. in experimental variant vs. 12 pcs. in the control one); ‘Vostochnaya’ variety – by 1.5 times (32–33 pcs. vs. 23 pcs.).*

Keywords: *Lens culinaris* Medik., variety, biopreparations, symbiotic nitrogen fixation, hydrothermal coefficient.

Гурьев Геннадий Петрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии, ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»; 302502, Россия, Орловская область, Орловский район, п. Стрелецкий, ул. Молодежная, 10, корп. 1; e-mail: guriyorel@mail.ru.

Суворова Галина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией генетики и биотехнологии, ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»; 302502, Россия, Орловская область, Орловский район, п. Стрелецкий, ул. Молодежная, 10, корп. 1; e-mail: galina@vniizbk.ru.

Пташник Ольга Павловна, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и изучения новых генотипов отдела интродукций и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ptashnik_o@niishk.ru.

Якубовская Алла Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru.

Каменева Ирина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: irina.kameneva.7@mail.ru.

Guryev Gennady Petrovich, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, Laboratory of genetics and biotechnology, FSBSI “Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops”; 1 build., 10, Molodezhnaya str., vill. Streletski, Orel region, 302502, Russia; e-mail: gurievorel@mail.ru.

Suvorova Galina Nikolaevna, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of genetics and biotechnology, FSBSI “Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops”; 1 build., 10, Molodezhnaya str., vill. Streletski, Orel region, 302502, Russia; e-mail: galina@vniizbk.ru.

Ptashnik Olga Pavlovna, senior researcher, Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes, Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: ptashnik_o@niishk.ru.

Yakubovskaya Alla Ivanovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru.

Kameneva Irina Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: irina.kameneva.7@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 31.07.2023.

Дата принятия к печати – 21.00.2023.