

**T.A. Barkovskaya, O.V. Gladysheva, Ph.D. in Agricultural Sciences,
Institute of Seed Production and Agricultural Technologies – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal
Scientific Agroengineering Center VIM” (ISA-branch of FGBNU FNAC VIM)
390502, Russia, Ryazan region, Ryazan district, village Podvyazye, st. Parkovaya, 1, tel.8(4912)266231, E-mail: podvyaze@bk.ru**

The article presents the results of studies on the effect of different levels of mineral fertilizers on the features of the formation of baking and technological properties of grain in spring wheat varieties with different quality characteristics when grown on dark gray forest heavy loamy soil. The variety specificity for mineral nutrition was revealed. It was found that when using a mineral background and introducing nitrogen fertilizers at different stages of plant development, the Agata, RIMA, and Arsey varieties showed an increase in protein content in grain by 0.86-1.38% relative to the control. In the Agata variety in the (N64P64K64)+N30 variant, an increase in gluten content in flour by 2.5%, sedimentation by 12.5, and flour strength by 14.1% was revealed relative to the control. The Maestro variety has a low potential for grain quality indicators, in particular, it has low sedimentation of 37-43 ml, low flour strength of 183-224 EA. The small volumetric yield of bread and the level of mineral nutrition had little effect on the change in its quality indicators.
Keywords: spring wheat, fertilizers, variety, sedimentation, flour strength, volumetric yield of bread.

УДК 635.658

DOI: 10.25680/S19948603.2025.144.06

СИМБИОТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЧЕЧЕВИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Н.А. Поползухина, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. Столыпина»,
А.Ж. Саурбаев, Л.В. Омелянюк, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
644008, г. Омск, Институтская площадь д. 1, Россия, e-mail: popolzuxinana@mail.ru
644012, г. Омск, пр. Королёва, д. 26, Россия**

Исследования проводились в 2020-2022 г. Годы проведения исследований были контрастными. Установлено, что максимальное количество клубеньков у сортов чечевицы образуется в фазе ветвления. Наиболее крупные клубеньки формировались на корнях растений к фазе цветения, в этот период показатели ОСП и АСП были максимальными, соответственно, 367 и 294 (кг·сут)/га. Наиболее высоким клубенькообразованием характеризовались сорта Нива 95 и Импреза. Показатели ОСП и АСП за вегетацию составили, соответственно, 912 и 729 (кг·сут)/га у сорта Нива 95; 683 и 547 (кг·сут)/га у сорта Импреза.

Ключевые слова: чечевица, сорт, количество и масса азотфиксирующих клубеньков, общий и активный симбиотический потенциал.

Для цитирования: Поползухина Н.А., Саурбаев А.Ж., Омелянюк Л.В. Симбиотическая эффективность сортов чечевицы в условиях южной лесостепи Западной Сибири// Плодородие. – 2025. – №3. – С. 25-28.
DOI: 10.25680/S19948603.2025.144.06.

Микробная фиксация азота осуществляется за счет солнечной энергии и позволяет избежать огромных затрат на энергетическое сырье. Кроме того, микробиологическая фиксация атмосферного азота является экологически безопасным способом обеспечения растений доступным азотом, при котором принципиально невозможно загрязнять почву, воду и воздух. Среди культур, используемых в сельском хозяйстве, важное значение имеют бобовые, которые характеризуются способностью вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и ассимилировать молекулярный азот воздуха [1-3].

Чечевица является ценной продовольственной культурой. Это пища высокой диетической пользы, как правило, заменяет белок животного происхождения и становится все более привлекательной. Она одна из наиболее распространенных зернобобовых культур в мире. Основными производителями зерна чечевицы являются Канада, Индия, Австралия, Турция. Согласно оценке Росстата, в 2022-2023 г. Россия произвела рекордный за последние шесть лет объем зернобобовых – 4,6 млн т. В структуре российского производства зернобобовых культур на долю чечевицы ежегодно приходится 4–6%. В 2022-2023 г. ее производство увеличилось на 46,4% (+81,8 тыс. т) и составило 257,9 тыс. т [4].

Важнейшей биологической особенностью чечевицы, как и других бобовых культур, является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями (*Rhizobium*) удовлетворять свои потребности в азоте на 50–70 % за счёт фиксации азота из воздуха. 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 [5].

Ценность биологической азотфиксации определяется рядом критериев. С одной стороны, она может стать решением проблемы растительного белка, а полученная продукция культур, способных к биоазотфиксации, имеет высокие кормовые и пищевые показатели, безопасна для человека и животных. С другой стороны, применение биологической азотфиксации атмосферного воздуха способствует ослаблению антропогенного «давления» на окружающую среду, обеспечивает главное условие энергосберегающих технологий в растениеводстве – экономии ископаемой энергии на единицу продукции и снижение ее себестоимости. И наконец, посевы бобовых и зернобобовых культур, активно фиксирующих азот воздуха, способствуют решению проблемы

сохранения и даже расширенного воспроизводства естественного плодородия почвы [6].

В этой связи изучение симбиотической эффективности чечевицы по признакам нодуляции, выявление сортовой специфичности, а также выделение сортов с высокой симбиотической активностью являются актуальным направлением современных исследований.

Цель исследования – оценить симбиотическую эффективность сортов чечевицы в контрастных агроэкологических условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Методика. Материалом для исследований служили сорта чечевицы посевной различного эколого-географического происхождения: российского – Нива 95 (стандарт), Веховская 1, Даная; канадского – Инвизибл, Импреза. Исследования проводили в 2020-2022 г. на опытных полях ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в зоне южной лесостепи Западной Сибири.

Полевой опыт закладывали в 4-кратной повторности на делянках общей площадью 10 м², предшественник – мягкая яровая пшеница. Посев проведен сеялкой ССФК 17 мая, уборка – селекционным зерноуборочным комбайном Wintersteiger Classic. Нормы высева – 2,1 млн всхожих зерен на 1 га. Агротехника – общепринятая для зоны южной лесостепи Западной Сибири.

Анализ агрохимических показателей почвы проводили в ФГБНУ «Омский АНЦ». Определение гумуса в почве осуществляли по методике И.В. Тюрина, суммы поглощенных оснований – по методу Каппена, рН_{сол.} измеряли рН-метром по ГОСТу Р 58594-2019.

Учет количества, массы азотфиксирующих клубеньков, расчет общего симбиотического потенциала и активного симбиотического потенциала производили по методике Г.С. Посыпанова [7]. Статистическую обработку экспериментальных данных – по методике Б. А. Доспехова [8] на персональном компьютере по специально разработанным программам.

Почва опытного участка лугово-черноземная; содержание гумуса 6,3–6,5%, сумма поглощенных оснований 26–48 ммоль экв/100 г почвы, рН_{сол.} 6,5–6,7.

Годы проведения исследований были контрастными. 2020 г. был засушливым (ГТК-0,60) – за период вегетации (май-август) выпало 105,4 мм осадков (50,9% от нормы), средняя температура воздуха составила 18,5 °С. Недобор осадков (69,3% от нормы) отмечали и в 2021 г. (ГТК=0,55), средняя температура воздуха за период вегетации превысила многолетнюю на 2,4 °С, особенно жарким был июль. В 2022 г. также наблюдались продолжительные периоды жесткой засухи, чередующиеся редкими, но сильными дождями грозового характера: средняя температура воздуха 17,3 °С (+0,5 °С к норме), сумма осадков 216 мм (104,5% от нормы). Но год был наиболее оптимальным по увлажнению (ГТК-1,04).

Результаты и их обсуждение. Все клубеньковые бактерии, вступающие в симбиоз с бобовыми культурами, относятся к роду *Rhizobium*. Для того, чтобы бобовые растения питались азотом воздуха в почве должны быть специфичные, вирулентные и активные штаммы клубеньковых бактерий. При наличии в почвенной среде вида *Rh. leguminosarum*, инфицирующего чечевицу, на корнях растений формируются клубеньки, обладающие способностью усваивать атмосферный азот [9].

По внешнему виду клубеньков можно судить о ценности бактерий, заключенных в них. Бактерии, обладающие наиболее высокой азотфиксирующей активностью, образуют крупные клубеньки с большим содержанием

леггемоглобина (интенсивно окрашены в красный цвет и расположены на главном корне или около него) [10].

Об эффективности бобово-ризобияльного симбиоза можно судить по количеству и массе клубеньков (показатели нодуляции). По результатам наших исследований, пик образования клубеньков у гороха посевного приходится на фазу цветения [10, 11]. В опытах с чечевицей наибольшее количество клубеньков было в фазе плодобразования [12, 13].

В нашем опыте максимум клубенькообразования у сортов чечевицы отмечен в фазе ветвления (табл. 1).

По мере развития растений и в связи с неблагоприятными засушливыми условиями в июле количество клубеньков у всех сортов значительно снижалось к фазе цветения, а к началу формирования бобов, в связи с лучшим влагообеспечением в этот период, несколько увеличивалось. В среднем по сортам за годы исследований анализируемый показатель изменялся по фазам развития.

1. Динамика формирования симбиотического аппарата в основные фазы развития растений сортов чечевицы (количество клубеньков)

Сорт	Ветвление		Начало цветения		Начало формирования бобов	
	шт/раст.	отклонение от стандарта	шт/раст.	отклонение от стандарта	шт/раст.	отклонение от стандарта
2020 г.						
Нива 95, стандарт	32,6	-	5,4	-	3,9	-
Веховская 1	20,7*	-11,9	1,9*	-3,5	1,5*	-2,4
Даная	35,6**	+3,0	1,4*	-4,0	0,7*	-3,2
Инвизибл	30,7*	-1,9	4,7	-0,7	4,3	+0,4
Импреза	17,6*	-15,0	6,7	+1,3	6,1**	+2,2
X_{ср}	27,4		4,0		3,3	
НСР₀₅	1,12		1,67		0,89	
2021 г.						
Нива 95, стандарт	36,5	-	18,0	-	12,5	-
Веховская 1	23,7*	-12,8	13,4*	-4,6	19,0**	+6,5
Даная	26,2*	-10,3	7,0*	-11,0	11,9	-0,6
Инвизибл	22,0*	-14,5	8,2*	-9,8	13,6	+1,1
Импреза	13,3*	-23,2	10,1*	-7,9	15,7**	+3,2
X_{ср}	24,3		11,3		14,5	
НСР₀₅	5,35		2,58		2,61	
2022 г.						
Нива 95, стандарт	22,6	-	21,5	-	29,7	-
Веховская 1	22,8	+0,2	11,1*	-10,4	11,5*	-18,2
Даная	10,8*	-11,8	9,6*	-11,9	12,5*	-17,2
Инвизибл	19,3	-3,3	12,4*	-9,1	17,4*	-12,3
Импреза	19,1	-3,5	8,7*	-12,8	3,6*	-26,1
X_{ср}	18,9		12,7		14,9	
НСР₀₅	3,41		2,34		4,51	
В среднем за 2020-2022 г.						
Нива 95, стандарт	30,6	-	15,0	-	15,4	-
Веховская 1	22,4	-8,2	8,8	-6,2	10,7	-4,7
Даная	24,2	-6,4	6,0	-9,0	8,4	-7,0
Инвизибл	24,0	-6,6	8,4	-6,6	11,8	-3,6
Импреза	16,7	-13,9	8,5	-6,5	8,5	-6,9
X_{ср}	23,6		9,3		11,0	

*Достоверно ниже стандарта при Р=0,05. **Достоверно выше стандарта.

Условия вегетации растений оказали существенное влияние на изучаемый показатель. Наибольшее количество клубеньков сформировалось на корнях растений чечевицы в 2020 г. в фазе ветвления, однако к фазе плодобразования этот показатель значительно снизился. 2021 и 2022 г. характеризовались более благоприятными по

влагообеспеченности условиями второй половины вегетационного периода, что обеспечило лучшую сохранность клубеньков к фазе плодообразования.

Наибольшим количеством клубеньков в среднем за годы исследований характеризовался сорт Нива 95. У остальных изучавшихся сортов этот показатель был существенно ниже.

Определить массу клубеньков в фазе ветвления не представлялось возможным из-за ее критически низкого значения. В среднем за годы изучения показатель составил: в фазе цветения – 11,44 мг/раст., в фазе плодообразования – 5,38 мг/раст. (табл. 2).

2. Динамика формирования симбиотического аппарата в основные фазы развития растений сортов чечевицы (масса клубеньков)

Сорт	Начало цветения		Начало формирования бобов	
	мг/растение	отклонение от стандарта	мг/растение	отклонение от стандарта
2020 г.				
Нива 95, стандарт	6,0	-	5,0	-
Веховская 1	3,0*	-3,0	1,0*	-4,0
Даная	2,0*	-4,0	1,0*	-4,0
Инвизибл	2,0*	-4,0	4,0*	-1,0
Импреза	19,0**	+13,0	7,0**	+2,0
X _{ср}	6,4		3,6	
НСР ₀₅	2,43		0,89	
2021 г.				
Нива 95, стандарт	23,5	-	3,0	-
Веховская 1	16,5*	-7,0	6,5**	+3,5
Даная	8,5*	-15,0	3,0	-
Инвизибл	5,5*	-18,0	3,6	+0,6
Импреза	17,0*	-6,5	8,0**	+5,0
X _{ср}	14,2		4,8	
НСР ₀₅	3,00		0,86	
2022 г.				
Нива 95, стандарт	25,1	-	19,0	-
Веховская 1	13,3*	-11,8	6,0*	-13,0
Даная	10,5*	-14,6	2,0*	-17,0
Инвизибл	11,2*	-13,9	10,0*	-9,0
Импреза	8,8*	-16,3	1,5*	-17,5
X _{ср}	13,8		7,7	
НСР ₀₅	2,01		2,41	
В среднем за 2020-2022 г.				
Нива 95, стандарт	18,2	-	9,0	-
Веховская 1	10,9	-7,3	4,5	-4,5
Даная	7,0	-11,2	2,0	-7,0
Инвизибл	6,2	-12,0	5,9	-3,1
Импреза	14,9	-3,3	5,5	-3,5
X _{ср}	11,44		5,38	

*Достоверно ниже стандарта при P=0,05. **Достоверно выше стандарта.

Наиболее крупные клубеньки, сформировавшиеся в фазе цветения, были на корнях чечевицы в 2021 г. (14,2 мг/раст.) и в 2022 г. (13,8 мг/раст.). В условиях 2020 г. по данному показателю выделился сорт Импреза, масса клубеньков у которого составила 19,0 мг/раст. в фазе цветения и 7,0 мг/раст. в фазе плодообразования, что показывает его адаптивность к высоким температурам летнего периода. В 2021 и 2022 г. лидирующее положение занял сорт-стандарт Нива 95. В среднем за годы исследований масса клубеньков у этого сорта также оказалась максимальной: 18,2 мг/раст. в фазе цветения, 9,0 мг/раст. в фазе плодообразования. Несколько меньшими значениями характеризовался сорт Импреза. Все другие испытываемые сорта имели существенно более низкие значения массы клубеньков (табл. 2).

Общий симбиотический потенциал (ОСП) и активный симбиотический потенциал (АСП) – расчетные

показатели, учитывающие не только массу клубеньков, но и продолжительность их функционирования.

Как и в случае с признаками нодуляции, максимальное значение показателя ОСП отмечалось в фазе цветения со снижением его к фазе плодообразования (табл. 3).

3. Общий симбиотический потенциал в репродуктивные фазы онтогенеза растений чечевицы, (кг·сут)/га (в среднем за 2020-2022 г.)

Сорт	Начало цветения	Начало формирования бобов	За вегетацию
Нива 95, стандарт	579	333	912
Веховская 1	315	135	450
Даная	175	59	235
Инвизибл	264	186	450
Импреза	501	182	683
Среднее	367	179	546

В среднем за годы изучения наибольшей величиной показателя в целом за вегетацию характеризовались сорта Нива 95, а также сорт Импреза.

АСП отражает продолжительность функционирования активных клубеньков. Как и в случае с ОСП, максимальная величина показателя в среднем по сортам за годы исследований отмечена в фазе цветения; к фазе плодообразования он снизился более, чем вдвое (табл. 4). Наибольшая эффективность симбиотического аппарата у изучаемых сортов отмечалась в 2021 и 2022 г.

4. Активный симбиотический потенциал в основные фазы онтогенеза растений чечевицы (в среднем по сортам), (кг·сут)/га

Год	Начало цветения	Начало формирования бобов	За вегетацию
2020	216	108	325
2021	364	110	474
2022	300	212	512
Среднее	294	143	437

В зависимости от генотипа сортов величина АСП существенно различалась (табл. 5). Максимальным значением показателя в среднем за 3 года характеризовался сорт чечевицы Нива 95. Следует отметить и сорт Импреза, максимальная величина АСП которого была в фазе цветения.

5. Активный симбиотический потенциал в репродуктивные фазы развития у сортов чечевицы (кг·сут)/га (в среднем за 2020-2022 г.)

Сорт	Начало цветения	Начало формирования бобов	За вегетацию
Нива 95, стандарт	463	266	729
Веховская 1	252	108	360
Даная	140	47	188
Инвизибл	211	149	360
Импреза	401	146	547
Среднее	293	143	437

Заключение. Проведенные многолетние (2020-2022 г.) исследования показали, что симбиотическая эффективность чечевицы определяется как генотипом, так и гидротермическими условиями, складывающимися в период вегетации растений.

Как установлено исследованиями, максимальное количество клубеньков у сортов чечевицы отмечалось в фазе ветвления. Наиболее крупные клубеньки образовывались на корнях растений к фазе цветения. ОСП и АСП, характеризующие эффективность симбиотической азотфиксации, достигали максимальной величины в фазе цветения. Наибольшая величина изучаемых показателей

отмечена в 2021-2022 г. Установлено, что наибольшей эффективностью клубенькообразования с продолжительным процессом функционирования характеризовались сорта Нива 95 и Импреза.

Литература

1. Завалин А. А. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / А. А. Завалин. – М.: РАСХН, 2000. – 82 с.
2. 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, пута и чины // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1(49). – С. 10-18. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-10-18.
3. 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.
4. Sharma H, Ramawat N, Gupta C. Nutritive content of lentil. J Nutr Health Food Eng. 2022;12(1):27–32. DOI: 10.15406/jnhfe.2022.12.00351.
5. Чечевица. Посевные площади, валовые сборы и урожайность в 2023 году // Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр". <https://ab-centre.ru/news/chechevica-posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-v-2023-godu> (дата обращения: 29.07.2024).
6. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: Монография / Посыпанов Г. С. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 251 с.
7. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 299 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Глазова З. И. Эффективность различных агрохимикатов и способов их применения при выращивании чечевицы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1(49). – С. 37-45. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-37-45.
10. Photosynthetic and symbiotic efficiency in shaping the yield of Pea seed in the agro-ecological conditions of the southern forest – steppe of Western Siberia. Popolzukhina N., Kadermas I., Ozyakova E., Asanov A. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 62028.
11. Киселев А. С. Воздействие инокуляции на формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов гороха посевного и его урожайность в условиях южной лесостепи Западной Сибири / А. С. Киселев, Н. А. Поползухина, П. В. Поползухин, А. А. Гайдар, Ю. Ю. Паршуткин // Вестник НГАСУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – №3 (48). – С. 23-30.
12. Маракаева, Т. В. Симбиотическая активность коллекционных образцов чечевицы в условиях Омской области / Т. В. Маракаева // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК : сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 24 февраля 2022 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2022. – С. 126-130. – EDN QZLMND.
13. Ханиева, И. М. Симбиотическая деятельность посевов чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны КБР / И. М. Ханиева, Т. М. Чапаев, К. Р. Канукова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-6. – С. 1197-1202. – EDN RUDDVP.

SYMBIOTIC EFFICIENCY OF DIFFERENT VARIETIES OF LENTIL (*Lens culinaris* MEDIC.) IN AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

N.A. Popolzukhina¹, A.ZH. Saurbaev², L.V. Omelyanyuk²

¹FSBEI of Higher Education Omsk State Agrarian University, 644008, Omsk, Institutskaya Square, 1, Russia.

²FSBSI «Omsk agrarian scientific center», 644012, Omsk, Prospekt Koroleva, 26, Russia. e-mail: 55asc@bk.ru
e-mail: popolzuxinana@mail.ru

The research was conducted in 2020-2022. The years of the studies were contrasting. It was found that the maximum number of nodules in lentil varieties is formed during the branching phase. The largest nodules were formed on the roots of plants by the flowering phase. During this period, the indicators of the general symbiotic potential and active symbiotic potential were maximum respectively 367 and 294 kg*day/ha. The highest efficiency of nodule formation with were characterized by the varieties Niva 95 and Impreza. The OSB and ASP indicators during the growing season were 912 and 729 kg*day/ha, respectively, for the Niva 95 variety; 683 and 547 kg*day/ha for the Impreza variety.

Keywords: lentil, variety, Number and weight of nitrogen-fixing nodules, general and active symbiotic potential.