

НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЗОЛЫ В РАСТЕНИЯХ НУТА И ЧИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

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

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты изучения эффективности применения микробиологических препаратов на различных сортах нута и чины. Исследования проводили в 2020-2022 гг. в лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК. Оценивали влияние биопрепаратов на накопление биомассы, а также содержание золы в растениях и урожайность зерна. Установлено, что микробиологические препараты оказали положительное влияние на накопление биомассы и содержание золы растениями нута и чины. Масса растений у сортов нута увеличивалась до 21,2%, у чины до 35,1% по сравнению с контролем. Содержание золы в растениях нута, в среднем за три года, составило 7,4%; у чины – в надземной массе 5,8%, в корнях 7,0%. Наибольший положительный эффект наблюдался у нута от инокуляции азотфиксирующими бактериями *Mesorhizobium ciceri* штамм 527 и препаратом Микробиокомагро, у чины с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобинагро.

Ключевые слова: нут, чина, сорт, биопрепараты, зола, урожайность.

Для цитирования: Донская М.В., Донской М.М., Костикова Н.О. Накопление биомассы и содержание золы в растениях нута и чины под влиянием микробиологических препаратов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):52-59 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-52-59

BIOMASS ACCUMULATION AND ASH CONTENT IN CHICKPEA AND LATHYRUS UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS

M.V. Donskaya, M.M. Donskoi, N.O. Kostikova

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS, Orel

Abstract: This article presents the results of a study on the effectiveness of microbiological treatments on various chickpea and lathyrus. The research was conducted in 2020-2022 at the FSC LGC Genetics and Biotechnology Laboratory. The influence of biopreparations on the accumulation of biomass, as well as the ash content in plants and grain yield, was assessed. It was found that microbiological preparations had a positive effect on the accumulation of biomass and ash content of chickpea and lathyrus plants. The plant weight in chickpea varieties increased to 21.2%, in lathyrus to 35.1% compared to the control. The ash content in chickpea plants, on average over three years, was 7.4%; in lathyrus - 5.8% in the above-ground mass, 7.0% in the roots. The greatest positive effect was observed in chickpeas from inoculation with nitrogen-fixing bacteria *Mesorhizobium ciceri* strain 527 and preparation *Microbiokom^{agro}*, in lathyrus with *Rhizobium leguminosarum* str. 2803 and *Rizobin^{agro}*.

Keywords: chickpea, lathyrus, variety, biopreparations, ash, yield.

Нут и чина являются важными зернобобовыми культурами в сельскохозяйственном производстве многих стран мира. Их зерно – источник многих ценных веществ, в том числе

белка, минеральных веществ и витаминов. Нут благодаря сбалансированному аминокислотному составу и большому содержанию метионина и триптофана по питательной ценности превосходит многие зернобобовые культуры [1, 2, 3].

Получены экспериментальные данные, свидетельствующие, что применение высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий на нуте и чине повышет продуктивность растений, обеспечивая прибавку урожая семян. При этом отмечается повышение качества зерна [4, 5, 6].

В настоящее время интерес представляет изучение влияния бактериальных препаратов на общее содержание минеральных веществ в различных частях растений, о чем может свидетельствовать содержание в них золы.

Содержание золы – это масса неорганического остатка, остающегося после испарения воды и сжигания органической материи, которая характеризует общее содержание минеральных веществ в пробе. Зольность – это процентное соотношение несгораемого остатка неорганических веществ к общей массе продукции.

Количественные и качественные изменения в содержании азота и зольных веществ в растениях служат одним из показателей характеристики условий их минерального питания. Наблюдения за изменениями в зольном составе растений позволяют не только узнать недостающие элементы питания, но и предусмотреть необходимые меры по предотвращению токсичного действия на растения повышенных доз некоторых элементов [Евсиевич К.М., 1969]. Значения зольности бобовых достоверно различаются при действии различной величины техногенного загрязнения, что подтверждает возможность использования данного критерия этих растений для индикации загрязнения атмосферного воздуха [7]. Содержание зольных веществ определяется отношением исследуемого образца к определенным органам и тканям растений. Так, наибольшее содержание золы присутствует в листьях травянистых растений, среднее в стеблях и корнях, и самое небольшое в семенах [Ермаков А.И. с соавт., 1987].

Состав и содержание зольных элементов в фитомассе зависят от возраста, состояния растений, почвенно-климатических условий их произрастания [Ковальский В.П., 1974]. Содержание зольных элементов в листьях различных видов растений, в первую очередь, определяется внутренними структурными особенностями (генотипически) и внешними характеристиками качества окружающей среды. К факторам внешней среды, определяющим зольный состав растительных тканей, относятся: почвенные условия, температура, интенсивность осадков [8].

Цель исследований – определение влияния микробиологических препаратов на накопление биомассы, а также содержание золы в частях растений нута и чины.

Материал и методы исследований

Материалом для исследований служили растения нута (сорта Аватар и Краснокутский 123) и сорт чины Славянка (рис. 1). Аватар и Славянка – селекции ФНЦ ЗБК [9], Краснокутский 123 – селекции ФГБНУ «Краснокутская СОС НИИСХ Юго-востока». Полевые исследования проводили в севообороте лаборатории генетики и биотехнологии, лабораторные – в лаборатории физиологии и биохимии растений в 2020-2022 годах.

Схема посева включала следующие варианты: 1. контроль (без обработок); 2. инокуляция семян перед посевом азотфиксирующими бактериями (для нута - *Mesorhizobium ciceri* штамм 527, для чины - *Rhizobium leguminosarum* штамм 2803); 3. обработка семян перед посевом препаратом Ризобин^{агро}; 4. обработка семян перед посевом препаратом Микробиоком^{агро}.

Микробиологические препараты были получены из ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург) и ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма» (г. Симферополь).

Ризобин^{агро} – микробный препарат на основе высокоэффективных и конкурентоспособных азотфиксирующих штаммов клубеньковых бактерий специфичных к определенному виду бобовых культур. Норма расхода для нута и чины 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.



Общий вид посевов нута, 2022 г.



Цветущие растения чины
Славянка

Рис. 1. Опытные посевы нута и чины

Метод размещения вариантов в полевом опыте систематический, повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки 8,25 м². Агротехника под культуры общепринятая для региона. Даты посева: 2020 г. – 22.04., 2021 г. – 6.05., 2022 г. – 11.05. Посев сеялкой СКС-6-10 с шириной междурядий 15 см. Норма высева для нута 800 тыс. всхожих семян на 1 га, для чины – 1200 тыс. всхожих семян на га. Инокуляция семян микробиологическими препаратами в день посева влажным способом по рекомендациям, предложенным производителями.

Закладку полевых опытов, а также сопутствующие наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М., Агропромиздат, 1985. 351с.; Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В. и др. *Методические указания* / (2-е издание, переработанное и дополненное) Санкт-Петербург, 2018. 143 с.).

Почва опытного участка темно-серая лесная, среднесуглинистая, средней окультуренности. Анализ почвы по обеспеченности элементами питания показал, что на опытном участке перед посевом нута и чины в 2020 г. содержание N-NO₃ составило в 2020 г. 2,09 мг/100 г почвы, в 2021 – 2,14 мг/100 г почвы, в 2022 – 0,56 мг/100 г почвы; в 2020 г. содержание P₂O₅ оценивалось как высокое, K₂O как оптимальное; в 2021 г. содержание P₂O₅ – оптимальное, K₂O – среднее; в 2022 г. содержание P₂O₅ и K₂O оценивалось как высокое. Реакция почвенного раствора в годы исследований была средне и слабокислая. Содержание гумуса характеризовалось как среднее.

Погодно-климатические условия в годы исследований складывались следующим образом (табл. 1). 2020 и 2022 годы были более дождливыми и отличались неравномерностью выпадения осадков. В 2020 году наибольшее количество осадков выпало в период от всходов до бутонизации (май-июнь), а также в критическую фазу формирования и налива семян (июль-август), что благоприятно отразилось на развитии растений. В сентябре-октябре осадков выпало в пределах нормы, температура воздуха была выше средней многолетней на 3,7°C и 5,1°C соответственно. Это способствовало своевременному созреванию бобов. 2021 год был близок к среднемноголетним климатическим показателям. В

Таблица 1

Погодные условия 2020 - 2022 гг.

Показатель		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
2020 г.							
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	11,2	20,0	19,2	17,7	15,3	10,4
	Отклонение от нормы	-2,6	+3,2	+1,2	+0,7	+3,7	+5,1
Осадки, мм	Сумма за месяц	75	74	121	17	36	31
	Процент от нормы	147	101	149	270	69	74
2021 г.							
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	13,9	19,8	22,3	20,5	10,4	5,9
	Отклонение от нормы	+0,1	+3,0	+4,3	+3,5	-1,2	+0,6
Осадки, мм	Сумма за месяц	72	41	51	50	130	12
	Процент от нормы	141	56	63	79	250	29
2022 г.							
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	11,5	19,1	19,1	21,8	9,9	7,6
	Отклонение от нормы	-2,3	+2,3	+1,1	+4,8	-1,7	+2,3
Осадки, мм	Сумма за месяц	51	52	64	32	111	84
	Процент от нормы	100	140	79	51	213	200

Отбор растений нута и чины для проведения лабораторных анализов осуществляли в фазу бутонизации – начала цветения (рис. 2).



1

2

3

4

Сорт Краснокутский 123



1

2

3

4

Сорт Аватар

Рис. 2. Растения нута в период отбора проб: 1 – контроль, 2 – *Mesorhizobium ciceri* штамм 527, 3 – *Ризобин^{агро}*, 4 – *Микробиоком^{агро}*, 2022 г.

Содержание золы определялось путем сжигания навески в муфельной печи [Ермаков А.И. с соавт., 1987]. Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в приложении Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Влияние микробиологических препаратов на накопление биомассы растениями

В среднем за годы исследований предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами увеличивала массу растений у сортов нута до 21,2%, массу корней до 19,9% по сравнению с контролем (табл. 2). При этом масса сухого растения возрастала до 22,3%, а масса сухих корней до 65,6% к контролю. Максимальную эффективность оказала инокуляция семян клубеньковыми бактериями *Mesorhizobium ciceri* штамм 527.

У сорта чины Славянка инокуляция повышала массу растений на 16,6...35,1%, массу корней на 43,1%. При этом сухая масса растений возрастала на 10,2...24,9%, а сухая масса корней на 9,1...27,3% к контролю. Наибольшую эффективность имели варианты с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}.

Наибольший положительный эффект от инокуляции азотфиксирующими бактериями был получен в 2020 г. у сортов Краснокутский 123 и Славянка, в 2022 г. у сорта Аватар.

Таблица 2

Масса растений нута и чины при обработке микробиологическими препаратами в период отбора проб (бутонизация – начало цветения), среднее за 2020-2022 гг.

Признак	Вариант опыта			
	Контроль	<i>Rhizobia</i>	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
Нут Аватар				
Сырая масса растения, г	20,90±1,8	25,33±1,9	17,73±1,0	19,41±1,3
Сухая масса растения, г	4,63±0,4	5,28±0,4	3,85±0,2	4,12±0,2
Масса сырых корней, г	1,86±0,1	2,23±0,2	1,94±0,1	2,01±0,2
Масса сухих корней, г	0,32±0,03	0,53±0,03	0,46±0,03	0,41±0,02
Нут Краснокутский 123				
Сырая масса растения, г	19,40±1,3	23,50±1,5	19,79±1,2	20,18±1,5
Сухая масса растения, г	4,35±0,3	5,32±0,3	4,41±0,2	4,61±0,3
Масса сырых корней, г	2,33±0,2	2,46±0,1	2,25±0,2	2,41±0,2
Масса сухих корней, г	0,47±0,02	0,53±0,03	0,47±0,03	0,51±0,03
Чина Славянка				
Сырая масса растения, г	14,57±1,4	19,69±2,2	17,49±1,6	16,99±1,3
Сухая масса растения, г	3,13±0,2	3,91±0,4	3,54±0,3	3,45±0,2
Масса сырых корней, г	0,58±0,05	0,83±0,08	0,83±0,09	0,57±0,05
Масса сухих корней, г	0,11±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01

Влияние микробиологических препаратов на содержание золы в растениях

В надземной массе нута содержание золы, в среднем за три года, варьировало от 6,7% до 7,9%, составив в среднем 7,4%, в корнях этот показатель изменялся примерно в таких же пределах (6,5-8,6%), при среднем значении 7,4% (табл. 3). Содержание золы в надземной массе чины изменялось от 5,6%, до 6,4% и в среднем составило 5,8%, а в корнях этот показатель был немного выше и изменялся от 6,6% до 7,2% при среднем значении 7,0%.

Инокуляция семян микробиологическими препаратами повышала содержание зольных элементов в надземной массе растений у сортов нута на 4,0...5,3%, в корнях на 15,4...26,1% по сравнению с контролем. У чины содержание зольных элементов в вариантах с инокуляцией превышало контроль на 1,8...14,3% в надземной массе и на 2,9% в корнях растений.

Таблица 3

Влияние микробиологических препаратов на содержание зольных элементов (%) в надземной массе и корнях нута и чины (бутонизация – начало цветения), 2020 - 2022 гг.

Сорт	Части растений	Контроль	<i>Rhizobia</i>	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
Нут Аватар	Надземная масса	7,5	7,8	7,9	7,5
	Корни	6,5	7,6	6,5	8,2
Нут Краснокутский 123	Надземная масса	7,8	6,7	7,1	7,2
	Корни	7,1	8,2	6,5	8,5
Чина Славянка	Надземная масса	5,6	6,4	5,7	5,6
	Корни*	7,0	7,2	7,2	6,6

Наибольший эффект на накопление золы у нута наблюдался в вариантах с применением Ризобин^{агро} и инокуляцией семян клубеньковыми бактериями *Mesorhizobium ciceri* шт. 527 для надземной массы и МС шт. 527 и Микробиоком^{агро} для корней; у чины – в вариантах с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}.

Максимальное содержание зольных элементов в растениях нута и чины отмечалось в 2020 г., что указывает на то, что год был более благоприятным для роста и развития растений.

Урожайность нута и чины при инокуляции микробиологическими препаратами

Урожайность зерна у сортов нута в 2020 и 2021 гг. была выше, чем в 2022 (отчасти это связано с тем, что в 2022 году дождливая и прохладная погода во второй половине вегетации не позволила провести своевременную уборку и привела к значительным потерям урожая) и варьировала в контрольном варианте от 3,11 до 3,52 т/га у сорта Аватар и от 1,83 до 3,15 т/га у сорта Краснокутский 123 (табл. 4). У чины максимальная урожайность в контроле была в 2021 г. (2,25 т/га) и 2022 г. (2,07 т/га). В 2020 году погодные условия во время уборки чины складывались неблагоприятным образом, что привело к потере части урожая.

Таблица 4

Урожайность зерна нута и чины при инокуляции микробиологическими препаратами, т/га, 2020-2022 гг.

Сорт	Вариант опыта	2020	2021	2022	Средняя
нут Аватар	Контроль	3,11	3,52	0,52	2,38
	шт. 527	3,17	3,50	1,49	2,72
	Ризобин ^{агро}	3,27	3,62	0,83	2,57
	Микробиоком ^{агро}	3,64	3,62	0,72	2,66
	<i>HCP 05</i>	0,58	0,38	0,68	
нут Краснокутский 123	Контроль	1,83	3,15	0,52	1,83
	шт. 527	2,24	3,40	0,85	2,16
	Ризобин ^{агро}	2,33	3,32	0,64	2,10
	Микробиоком ^{агро}	2,33	3,42	0,76	2,17
	<i>HCP 05</i>	0,65	0,31	0,57	
чина Славянка	Контроль	0,99	2,25	2,07	1,77
	шт. 2803	0,85	2,22	1,94	1,67
	Ризобин ^{агро}	1,08	2,25	2,05	1,79
	Микробиоком ^{агро}	1,05	2,22	2,32	1,86
	<i>HCP 05</i>	0,29	0,24	0,52	

При применении микробиологических препаратов наблюдалась тенденция к повышению урожайности, в среднем за три года изучения, у сортов нута на 0,19-0,34 т/га, у чины - на 0,02-0,09 т/га.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что накопление массы растениями и содержание золы зависят от многих факторов, особое значение среди которых имеют сортовые особенности культуры, условия минерального питания, погодные условия.

Микробиологические препараты оказывали влияние на накопление биомассы и содержание золы растениями нута и чины. Наибольший положительный эффект наблюдался у нута от инокуляции азотфиксирующими бактериями *Mesorhizobium ciceri* штамм 527 и препаратом Микробиоком^{агро}, у чины с *Rhizobium leguminosarum* шт. 2803 и Ризобин^{агро}. Важно отметить, что при изучении влияния микробиологических препаратов на растения, необходимо учитывать уровень плодородия почвы и погодные условия.

При применении микробиологических препаратов наблюдалась тенденция к повышению урожайности изученных сортов нута и чины. Так, в среднем за три года изучения, у сортов нута прибавка составила 0,19-0,34 т/га при контрольном значении 2,38 т/га у сорта Аватар и 1,83 т/га у сорта Краснокутский 123, у чины на 0,02-0,09 т/га при контроле 1,77 т/га.

Литература

1. Junjie Zhang, Jingqi Wang, Cancan Zhu, Raghvendra Pratap Singh, Wenfeng Chen Chickpea: Its Origin, Distribution, Nutrition, Benefits, Breeding, and Symbiotic Relationship with *Mesorhizobium* Species // Plants (Basel). 2024 Feb 1;13(3):429.
2. Yusuf Beshimov and Mekhriniso Akhmedova Technological parameters and chemical composition of soya beans // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 848, 2021 pp. 012098
3. Наумкин В.П., Донская М.В., Донской М.М. Рекомендации по возделыванию чины посевной. Орел. – 2022. – 23 с.
4. Донская М.В., Бобков С.В., Костикова Н.О., Донской М.М. Влияние микробиологических препаратов на биохимические показатели развития растений нута и чины. // Научно-агрономический журнал. – 2024. – № 2 (125). – С. 64-69.
5. Донская М.В., Донской М.М. Использование микробиологических препаратов при возделывании перспективных сортов нута и чины в Орловской области. // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2023. – № 1 (45). – С. 33-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-33-39.
6. Donskaya M., Donskoi M. Influence of microbiological preparations on the formation of symbiotic apparatus and the yield of chickpea and grass pea // Innovative technologies in agriculture. International scientific and practical conference. – Orel, – 2022. – С. 60.
7. Тюдькова Е.Г. Зольность растений в условиях городской среды (на примере города Гомеля). // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2017. – № 1. – С. 58-65.
8. Алексеев В.А. Экологическая геохимия. – М.: – 2000. – 627 с.
9. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Панарина В.И., Бобков С.А., Грядунова Н.В. и др. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Каталог сортов. Орел: ООО ПФ «Картуш». – 2022. – 204 с.

References

1. Junjie Zhang, Jingqi Wang, Cancan Zhu, Raghvendra Pratap Singh, Wenfeng Chen Chickpea: Its Origin, Distribution, Nutrition, Benefits, Breeding, and Symbiotic Relationship with *Mesorhizobium* Species. Plants (Basel). 2024 Feb 1;13(3):429.
2. Yusuf Beshimov and Mekhriniso Akhmedova Technological parameters and chemical composition of soya beans. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 848, 2021 pp. 012098
3. Naumkin V.P., Donskaya M.V., Donskoi M.M. Recommendations for cultivation of grass pea. Orel, 2022, 23 p. (In Russ.)
4. Donskaya M.V., Bobkov S.V., Kostikova N.O., Donskoi M.M. The influence of microbiological preparations on the biochemical parameters of chickpea and lathyrus plant development. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2024. no. 2 (125), pp. 64-69. (In Russ.)
5. Donskaya M.V., Donskoi M.M. Ispol'zovanie mikrobiologicheskikh preparatov pri vozdel'nyanii perspektivnykh sortov nuta i chiny v Orlovskoi oblasti. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no. 1 (45), pp. 33-39. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-33-39 (In Russ.)

6. Donskaya M., Donskoi M. Influence of microbiological preparations on the formation of symbiotic apparatus and the yield of chickpea and grass pea. *Innovative technologies in agriculture. International scientific and practical conference*. Orel, 2022, p. 60. (In Russ.)
7. Tyud'kova E.G. Zol'nost' rastenii v usloviyakh gorodskoi sredy (na primere goroda Gomelya). *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2017, no.1, pp.58-65. (In Russ.)
8. Alekseenko V.A. Environmental geochemistry. Moscow, 2000, 627 p. (In Russ.)
9. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Panarina V.I., Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V. et al. Breeding achievements of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops. Variety catalog. Orel, OOO PF «Kartush» Publ., 2022, 204 p. (In Russ.)