

ИЗУЧЕНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ ФОЛИАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

Марьяна Хажмусовна Маржохова¹, младший научный сотрудник
Мурат Владимирович Кашуков², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Институт сельского хозяйства —

филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр “Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук”»,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

²ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», г. Нальчик,
Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: mkashukov@gmail.com

Аннотация. Изучена азотфиксирующая активность при фоллиарной обработке вегетирующих растений сои жидкими минеральными удобрениями с содержанием макро- и микроэлементов в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Объект исследований — ран-неспелый сорт СК Веда. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный среднемогучий слабогумусированный тяжелосугли-нистый на карбонатных глинах, с содержанием гумуса в пахотном слое — 3,1%, pH_{KCl} — 5,0, подвижного фосфора — 7,5, обменного калия — 8,0 мг/100 г почвы. Инкрустирование семян проводили с использованием специфического пленкообразователя на основе фосфатидов сои инокулянтном Нитрофикс П. Приведены результаты исследований за 2020–2022 годы с оценкой динамики формирования симбиотического аппарата по количеству клубеньков (шт/м²) и их массе (г/м²) в онтогенезе макросимбионта. Пик клубенькообразования у сои сорта СК Веда пришелся на фазу цветения. Наивысшие показатели нодуляции отмечены в кон-трольном варианте: 2020 год — 306 шт/м²; 2021 — 408; 2022 — 96 шт/м². Фоллиарная обработка растений сои корректорами де-фицита элементов питания влияет на показатели нодуляции с различиями в зависимости от срока обработки. С применением Полидон NPK в фазе примордиального листа параметры нодуляции были минимальными за годы исследования (86, 216, 56 шт/м²). Значения массы клубеньков в фазе цветения с обработкой (Полидон молибден) в фазе примордиального листа увеличи-лись по годам в 1,56 (2020), 2,09 (2021) и 1,11 (2022). Активность нитрогеназы в среднем составляла 26,4–281,6 мкг N₂/раст. ч, в контроле (инокуляция азотфиксирующими микроорганизмами) — 208,3 мкг N₂/раст. ч. Инокуляция семян сои азотфиксирующими микроорганизмами и фоллиарная обработка растений Полидон молибденом увеличили активность нитро-геназы на 19,1–35,2% и повысили содержание белка на 3,9–5,0% относительно контроля в зависимости от фазы обработки.

Ключевые слова: предгорная зона Кабардино-Балкарии, соя, фоллиарная обработка, удобрения, количество клубеньков, мас-са клубеньков, активность нитрогеназы

INVESTIGATION OF NITROGEN FIXATION ACTIVITY SOYBEANS PLANTS BY MINERAL FERTILIZERS FOLIAR TREATMENT

M.Kh. Marzhokhova¹, Junior Researcher

M.V. Kashukov², Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

¹Institute of Agriculture — branch of the Federal State Budgetary Scientific
Institution “Federal Scientific Center “Kabardino-Balkarian Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences””, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

“Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov”, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
E-mail: mkashukov@gmail.com

Abstract. The results of the study of nitrogen-fixing activity during foliar treatment of vegetative soybean plants with liquid mineral fertilizers containing macro-microelements in various forms in the foothill zone of Kabardino-Balkaria are presented. The object of research is the early ripe soybean variety SK Veda. The soil of the experimental plot is a leached, medium-thick, low-humus, heavy loamy chernozem on car-bonate clays, with a humus content in the arable layer of 3.1%, pH_{KCl} 5.0, mobile phosphorus 7.5 and exchangeable potassium 8.0 mg/100 g of soil. Encrustation of soybean seeds was carried out using a specific film-forming agent based on soybean phosphatides with the inoculant Nitrofix. The results of studies for 2020–2022 are given. with an assessment of the dynamics of the formation of the symbiotic apparatus by the number of nodules (pcs/m²) and by the mass of nodules (g/m²) in ontogeny of the macrosymbiont. The peak of nodule formation in soybean plants of the SK Veda variety fell on the flowering phase. The highest nodulation rates were noted in the control variant: in 2020 — 306 pcs/m²; in 2021 — 408 pcs/m²; in 2022 — 96 pcs/m². It has been shown that foliar treatment of soybean plants with nutrient deficiency correctors has an impact on nodulation rates, with differences being noted depending on the treatment time. In the variant of Polydon NPK treatment in the primordial leaf phase, the nodulation parameters were minimal in the experiment over the years of the study (86; 216; 56 pcs/m²). Treatment of SK Veda soybean plants in the primordial leaf phase with molybdenum-containing fertilizers ensures the formation of larger nodules. The values of the nodule weight in the flowering phase in the variant of the treatment of Polydon plants with molybdenum in the primordial leaf phase increased by 1.56; 2.09; 1.11 times, respectively, for 2020, 2021, 2022. Nitrogenase activity averaged 26.4–281.6 µg N₂/plant. h over the years of the study hour. In the control (inoculation with nitrogen-fixing microorganisms), the activity of nitrogenase was 208.3 µg N₂/plant. h. Inoculation of soybean seeds with nitrogen-fixing microorganisms and foliar treatment of plants with Polydon molybdenum increased nitrogenase activity by 35.2–19.1% and increased protein content by 5.0–3.9% relative to control, depending on the treatment phase.

Keywords: foothill zone of Kabardino-Balkaria, soybean, foliar treatment, fertilizers, number of nodules, weight of nodules, nitrogenase activity

В современной концепции биологизации земледелия бобовые культуры занимают ключевые позиции в технологии производства продукции растениеводства. Они способны образовывать бобово-ризобиальный симбиоз с клубеньковыми бактериями. Результат биологического партнерства со стороны ризобий — «биологический» азот, обеспечивающий высокий уровень функционирования и экологическую безопасность агроценозов. [7] В бобово-ризобиальном симбиозе макро- и микросимбионтами формируется объединенная система углеродного и азотного метаболизма, поэтому процессы азотфиксации и фотосинтеза сопряжены. Большое внимание уделяют конструированию микробнорастительных симбиозов для увеличения доли использования растениями биологически фиксированного азота. [9] Степень их эффективности связана со сложностью управления количественными признаками симбиоза, которые определяются не только взаимоотношениями макро- и микросимбионтов но и комплексом абиотических и эдафических факторов. [1, 3, 6]

Сорта сои различаются по активности азотфиксации и это связано с высокой специфичностью бобово-ризобиального симбиоза. Для повышения продуктивности симбиотической азотфиксации необходимы поиски комплементарных пар макро- и микросимбионтов. [2] В результате мутуалистических отношений растения обеспечены на 70...75% азотом, фиксированным бактериями из атмосферы. Микроэлементы играют важную роль в питании и развитии сои, а также повышении эффективности бобово-ризобиального симбиоза, так как некоторые из них способствуют усилению процесса фиксации молекулярного азота. [4] Молибден — наиболее значимый микроэлемент для сои из-за положительного действия на синтез аминокислот и белков в клубеньках бобовых культур.

Цель работы — изучить влияние фолиарной обработки растений сои минеральными удобрениями на нодуляционную способность, азотфиксацию и качество семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований — раннеспелый сорт сои *СК Веда*. Фолиарную обработку вегетирующих растений осуществляли водорастворимыми удобрениями: Молибдат аммония (0,1 кг/га) — неорганическое соединение, соль аммония и молибденовой кислоты $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$; Полидон молибден (0,2 л/га) с высоким содержанием молибдена (80 г/л) и кобальта (5 г/л) в хелатной форме; Полидон Бор (0,5 л/га) — этаноламиновый комплекс с борной кислотой и молибденом, бор (В) — 150 г/л, азот (N общий) — 50 г/л, молибден (Мо) — 1 г/л; Полидон NPK (2 л/га), азот (N общий) — 180 г/л, фосфор (P_2O_5) — 180 г/л, калий (K_2O) — 90 г/л + 0,25% МЕ (хелатная форма).

Работу проводили в 2020–2022 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики на землях ООО «Черек-Колос» по методике для полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Размещение вариантов рендомизированное в четырехкратной повторности. Климат — умеренно жаркий с нормальным увлажнением. Среднегодо-

вая температура воздуха — 10,7°C. Сумма положительных температур за вегетационный период — 3131...3407°C. Большая часть осадков выпадает за период активной вегетации (365...518 мм). Почва — чернозем выщелоченный среднесиловый слабогумусированный тяжелосуглинистый на карбонатных глинах, содержание гумуса в пахотном слое — 3,1%, pH_{KCl} — 5,0, подвижного фосфора — 7,5, обменного калия — 8,0 мг/100 г почвы. Посев проводили сеялкой Gaspardo MTR-8 широкорядным способом (45 см), норма — 500 тыс. всх. сем./га. Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение (Диаммофоска $\text{N}_{10}\text{P}_{26}\text{K}_{26}$). Инкрустирование семян осуществляли с использованием специфического пленкообразователя на основе фосфатидов сои инокулянт Нитрофикс П. Азотфиксирующую способность растений оценивали по количеству клубеньков, их массе, активности нитрогеназы общепринятыми методиками. [8] Полученные данные обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализа. [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение производства высокобелковых зернобобовых культур позволит устранить дефицит белка в кормовой базе животноводства и питания людей. Ежегодное расширение ареала возделывания сои связано не только с высоким содержанием белка (35...48%) в зерне, но и способностью пополнять азотный пул почвы для последующих культур севооборота. Эффективность симбиотической азотфиксации зависит от совокупности почвенно-экологических факторов. Дефицит влаги во время вегетации, особенно в критический для сои период (фаза формирования репродуктивных органов), ингибирует процесс развития микросимбионтов. В годы исследований первая половина вегетации характеризовалась благоприятными условиями увлажнения, что положительно повлияло на образование микросимбионтов. Количество осадков в мае 2020 года — 111,3 мм (100,9%), 2021 — 83,6 (76,0), 2022 — 74,1 мм (67,4%). Хорошие условия роста и развития в период формирования репродуктивных органов растений сои (июль — август) сложились только в 2021 году, когда сумма осадков составила 111,3 мм (154,4% среднееголетнего значения). В 2020 и 2022 годах при формировании репродуктивных органов растений количество осадков было ниже (50% среднееголетнего значения). Данные факторы существенно повлияли на формирование симбиотического аппарата растений по годам и фазам развития. Для детального изучения процесса клубенькообразования признаки «число клубеньков» и «масса клубеньков» оценивали в динамике онтогенеза макросимбионта.

В 2020 году количество клубеньков в фазе бутонизации составило 247 шт./м² с массой 5,48 г/м² (контрольный вариант). Фолиарная обработка удобрениями снижала нодуляцию. Самые низкие ее показатели отмечены при действии на вегетирующие растения Полидон NPK (табл. 1). Применение в ранней фазе роста (примордиальный лист) растений Полидон NPK снижало нодуляцию на 61,9%, первого тройчатосложного листа — 58,3, бутониза-

Таблица 1.

Динамика формирования симбиотического аппарата по количеству клубеньков (шт./м²) в различные фазы развития растений сои сорта *СК Веда* по годам

Вариант		Бутонизация			Цветение			Бобообразование		
удобрение	фаза обработки	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль		247	342	132	306	408	96	143	287	72
Молибдат аммония	1	154	205	109	192	242	81	117	186	68
	2	146	208	116	188	226	83	104	183	66
	3	201	326	127	196	354	87	126	201	71
Полидон Бор	1	107	254	96	148	287	69	96	218	57
	2	113	236	91	153	284	73	88	172	64
	3	224	275	103	231	314	82	91	160	66
Полидон Молибден	1	176	307	119	194	448	88	122	275	63
	2	163	309	114	190	423	86	115	258	60
	3	212	283	128	227	402	91	128	224	68
Полидон NPK	1	94	172	54	86	216	56	57	123	51
	2	103	191	61	81	223	59	61	107	53
	3	186	265	87	92	291	63	73	92	57
НСР ₀₅		13,15	5,21	9,01	16,87	3,86	9,89	10,29	3,00	5,25

Примечание. 1 — примордиальный лист; 2 — первый тройчатосложный лист; 3 — начало бутонизации. То же в табл. 2 и 3.

Таблица 2.

Динамика формирования симбиотического аппарата по массе клубеньков (г/м²) в различные фазы развития растений сои сорта *СК Веда* по годам

Вариант		Бутонизация			Цветение			Бобообразование		
удобрение	фаза обработки	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль		5,48	8,94	6,47	6,43	6,43	6,43	3,01	7,60	1,29
Молибдат аммония	1	7,25	11,43	7,25	6,15	15,73	4,69	4,21	9,15	1,49
	2	6,71	11,70	6,81	5,86	14,88	4,65	3,22	8,41	1,39
	3	5,04	8,15	6,53	6,02	12,06	4,44	3,53	9,03	1,35
Полидон Бор	1	3,52	10,57	3,46	3,77	13,25	1,93	1,73	4,76	0,91
	2	3,58	9,38	3,51	3,82	12,67	2,19	1,76	4,02	1,09
	3	4,73	6,88	4,33	4,26	9,71	2,71	2,09	3,84	1,25
Полидон Молибден	1	9,32	17,05	7,49	10,03	24,08	5,63	5,12	11,04	2,08
	2	8,16	15,32	6,73	9,24	21,60	5,16	4,37	9,79	1,86
	3	5,57	6,07	6,91	6,10	17,83	4,73	3,71	8,13	1,84
Полидон NPK	1	2,13	2,34	1,19	2,05	3,07	1,23	0,68	1,97	0,71
	2	2,75	2,75	1,46	2,17	3,86	1,29	1,09	1,70	1,01
	3	3,89	5,84	2,26	2,26	4,89	1,70	1,24	1,82	0,91
НСР ₀₅		0,30	0,29	0,53	0,32	0,21	0,76	0,17	0,07	0,38

ции — 24,7%. При использовании комплекса Полидон Бор в зависимости от срока обработки количество клубеньков уменьшилось на 56,7% (примордиальный лист), 54,3 (первый тройчатосложный лист), 9,3% (начало бутонизации) относительно контроля. Разные формы молибденсодержащих

удобрений в меньшей степени, но также понижали количество клубеньков на 37,7 и 28,7% при обработке в фазе примордиального листа, 40,9 и 34,1% — первого тройчатосложного листа, 18,6 и 14,2% — начала бутонизации Молибдатом аммония и Полидон молибденом соответственно. Фолиарная обработка молибденсодержащими удобрениями макросимбионтов. В вариантах ранней обработки (примордиальный лист) Молибдат аммонием и Полидон молибденом масса клубеньков превышала контроль в 1,32 и 1,70 раза соответственно. Применение их в фазе первого тройчатосложного листа также повышало массу клубеньков в 1,22 и 1,49 раза относительно контроля, но показатель уменьшился по сравнению с вариантом обработки в фазе примордиального листа на 0,54 и 1,16 г/м² соответственно. Наибольшее снижение массы клубеньков отмечали с использованием Молибдат аммония и Полидон молибдена в фазе начала бутонизации (табл. 2).

Пик клубенькообразования у растений сои сорта *СК Веда* пришелся на фазу цветения. Наивысшие показатели нодуляции отмечены в контрольном варианте — 306 шт./м² с массой 6,43 г/м², наименьшие с удобрением Полидон NPK — 81...92 шт./м². Обработка вегетирующих растений Полидон молибденом увеличила массу клубеньков относительно контрольного варианта в 1,55 (примордиальный лист) и 1,43 раза (первый тройчатосложный лист). Более поздняя обработка (начало бутонизации) молибденсодержащим удобрением не способствовала увеличению массы клубеньков. В опыте максимальные значения массы одного клубенька (0,052 г) зафиксированы с Полидон молибденом в фазе примордиального листа. Хотя показатели нодуляции контрольного варианта были самые высокие, клубеньки сформировались мелкие (0,021 г). При применении Полидон NPK и Полидон Бора на макросимбионте формировались микросимбионты массой 0,24...0,25 г, с минеральной формой молибдена — 0,03 г.

К фазе бобообразования параметры нодуляции у растений значительно снизились во всех вариантах опыта. Количество клубеньков в контрольном варианте составило 143 шт./м², что было меньше в 2,13 раза, чем в фазе цветения. В вариантах обработки макро- и микроудобрениями параметры нодуляции уменьшились в 1,26...2,54 раза. Показатель массы одного клубенька был максимальным с молибденсодержащими удобрениями в фазе примордиального листа — 0,042 г (Полидон молибден) и 0,036 г (Молибдат аммония).

В благоприятном 2021 году самые высокие показатели нодуляции у растений отмечены также в фазе цветения. В контрольном варианте количество клубеньков составило 408 шт./м² с массой 11,49 г/м². Обработка Полидон молибденом (примордиальный лист) увеличила количество клубеньков на 9,8%. Во всех остальных вариантах этот показатель был ниже на 54...192 шт./м². Максимальное ингибирование нодуляционного процесса происходило с Полидон NPK, обработка в ранней фазе развития усиливала процесс. Обработка вегетирующих растений Полидон NPK в фазах начала бутонизации и примордиального листа количество клубеньков умень-

шилось на 29 и 47% соответственно по сравнению с контрольным вариантом. Под действием Полидон молибдена сформировались самые крупные клубеньки в опыте — 0,054, 0,051, 0,44 г при обработке соответственно в фазе примордиального листа, первого тройчатосложного листа, начала бутонизации. Обработка растений сои Полидон NPK в 3,74, 2,98, 2,35 раза снижала значения показателя массы клубеньков и массы одного клубенька относительно контроля. В варианте на макросимбионте сформировались мелкие микросимбионты со средней массой 0,014...0,017 г. Полидон Бор снизил показатели нодуляции относительно контроля в зависимости от фазы обработки в 1,42, 1,44, 1,29 раза. Хотя обработка в ранней фазе роста растений сои уменьшала количество клубеньков, их масса (13,25 шт./м²) была выше в 1,36 раза, чем у сформированных в варианте более поздней обработки (начало бутонизации). Показатели симбиотического аппарата (количество клубеньков и их масса) в фазе бобообразования снижались и во второй год исследования относительно показателей в фазах бутонизации и цветения, но превышали эти параметры, сформировавшиеся в 2020 году. В контрольном варианте количество клубеньков составило 287 шт./м², что превысило значение показателя за 2020 год в два раза. При обработке Полидон NPK параметры нодуляции были минимальными в опыте (92...123 шт./м²), но выше по сравнению с 2020 годом в 1,26...2,16 в зависимости от варианта обработки. Это связано с благоприятным распределением осадков на протяжении вегетации культуры в 2021 сельскохозяйственном году и недостаточным количеством осадков в период цветение-бобообразование в 2020 году. Кроме недостаточного увлажнения, на снижение параметров нодуляции (число клубеньков) к концу вегетации влияет процесс естественного старения микросимбионта. Т.А. Серова, В.Е. Цыганов (2014) отмечают, что признак эффективной нодуляции — сохранение большего количества клубеньков, так как происходящая при их старении деградация белка позволяет повторно утилизировать азот. [10]

За три года исследований самые низкие параметры нодуляции были в неблагоприятном 2022 году — в контрольном варианте количество клубеньков в фазе бутонизации составило 132 шт./м² с массой 6,47 г/м². В фазе цветения количество клубеньков снизилось в 1,4 раза, бобообразования — 1,83. Параметры нодуляции были минимальными при обработке растений сои Полидон NPK. Обработка азотсодержащим удобрением снижала количество клубеньков во все фазы обработки в 1,28...2,44 раза относительно контроля.

В анализируемый год масса клубеньков также увеличивалась в вариантах ранней обработки растений сои молибденсодержащими удобрениями в 1,16 и 1,12 раза относительно контроля. Средняя масса клубенька в фазе бутонизации — 0,053...0,063 г. Мелкие клубеньки со средней массой 0,022...0,025 г формировались с Полидон NPK. Неблагоприятные условия увлажнения в период цветение-бобообразование 2022 года оказали негативное влияние на параметры нодуляции.

Активность нитрогеназы в среднем за годы исследований составила 26,4...281,6 мкг N₂/раст. ч. В кон-

Таблица 3.
Характеристика азотфиксирующей активности и качества семян сои сорта СК Веда в зависимости от фоллиарной обработки минеральными удобрениями, средняя за 2020–2022 годы

Вариант		Количество клубеньков, шт./м ²	Масса клубеньков, г/м ²	Нитрогеназная активность, мкг N ₂ /раст. ч	Содержание белка, %
удобрение	фаза обработки				
Контроль		270	7,67	208,3	36,2
Молибдат аммония	1	172	8,86	235,1	39,7
	2	166	8,46	212,8	39,1
	3	169	7,50	188,2	37,3
Полидон Бор	1	168	6,32	134,8	35,2
	2	170	6,23	130,7	34,6
	3	209	5,56	95,4	34,1
Полидон Молибден	1	243	12,94	281,6	41,2
	2	233	12,0	266,3	40,7
	3	240	9,55	248,1	40,1
Полидон NPK	1	119	2,12	26,4	31,4
	2	121	2,44	28,9	31,6
	3	149	2,95	31,2	32,4

троле (инокуляция азотфиксирующими микроорганизмами) активность нитрогеназы — 208,3 мкг N₂/раст. ч (табл. 3). Анализ сопряженностей выявил сильную корреляционную связь между активностью нитрогеназы и массой клубеньков (г/м²) — $r = +0,97$, а также их количеством (шт./м²) — $r = +0,78$.

Инокуляция семян сои азотфиксирующими микроорганизмами и фоллиарная обработка растений Полидон молибденом увеличили активность нитрогеназы на 35,2...19,1% и содержание белка на 3,9...5,0% относительно контроля в зависимости от фазы обработки. Применение Полидон NPK значительно снижало параметры азотфиксирующей активности и качество семян.

Выводы. Фоллиарная обработка макро- и микроудобрениями инокулированных растений азотфиксирующими микроорганизмами снижает параметры нодуляции. Применение Молибдат аммония и Полидон молибдена увеличивает массу клубеньков. Эффективность повышается при обработке в фазе примордиального листа. Использование азотсодержащего удобрения в ранние фазы развития сои существенно снижает параметры нодуляции и угнетает симбиоз. Фоллиарная обработка растений сои Полидон молибденом повышает активность нитрогеназы на 35,2, содержание белка — 5,0%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Эффективность микробиологических удобрений при обработке семян и растений сои на северо-востоке ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 67–72. DOI:10.24411/2309-348X-2019-11091.
2. Береговая Ю.В., Тычинская И.Л., Петрова С.Н. и др. Сортовая специфичность эффектов ризобактерий в отношении азотфиксирующего симбиоза и минерального питания сои в условиях агроценоза // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 5. С. 977–993.

3. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. 2018. № 4. С. 19–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2.
4. Васин В.Г., Саниев Р.Н., Васин А.В. и др. Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 47–52.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Осин А.А., Осина Е.А. Роль микробиологических удобрений в повышении эффективности симбиотической деятельности, продуктивности и качества семян скороспелого сорта сои Мезенка // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 84–89. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11095.
7. Парахин Н.В., Осин А.А., Донская М.В. Повышение продуктивности и качества семян сои за счет интенсификации азотфиксации // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 2. С. 118–122.
8. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М., 1991. 300 с.
9. Проворов Н.А., Онищук О.П. Эколого-генетические основы конструирования высокоэффективных азотфиксирующих микробно-растительных симбиозов // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. № 1. С. 11–18. DOI: 10.17816/ecogen17111-18.
10. Серова Т.А., Цыганов В.Е. Старение симбиотического клубенька у бобовых растений: молекулярно-генетические и клеточные аспекты (обзор) // Сельскохозяйственная биология 2014. № 5. С. 3–15.
11. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. Effektivnost' mikrobiologicheskikh udobrenij pri obrabotke semyan i rastenij soi na severo-vostoke CCHR // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2(30). S. 67–72. DOI:10.24411/2309-348X-2019-11091/
12. Beregovaya Yu.V., Tychinskaya I.L., Petrova S.N. i dr. Sortovaya specifichnost' effektivov rizobakterij v otnoshenii azotfiksiruyushchego simbioza i mineral'nogo pitaniya soi v usloviyah agrocenoza // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. № 5. S. 977–993.
13. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Upravlenie vegetaciej perspektivnyh sortoobrazcov soi putem primeneniya vysokoeffektivnyh inokulyantov // Zemledelie. 2018. № 4. S. 19–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2/
14. Vasin V.G., Saniev R.N., Vasin A.V. i dr. Primenenie mikroudobritel'nyh smesej i biopreparatov pri vozdeleyanii soi // Agrohicheskij vestnik. 2019. № 2. S. 47–52.
15. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
16. Osin A.A., Osina E.A. Rol' mikrobiologicheskikh udobrenij v povyshenii effektivnosti simbioticheskoy deyatel'nosti, produktivnosti i kachestva semyan skorospelogo sorta soi Mezenka // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2 (30). S. 84–89. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11095.
17. Parahin N.V., Osin A.A., Donskaya M.V. Povyshenie produktivnosti i kachestva semyan soi za schet intensivifikacii azotfiksacii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2014. № 2. S. 118–122.
18. Posypanov G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksacii azota vozduha. M., 1991. 300 s.
19. Provorov N.A., Onishchuk O.P. Ekologo-geneticheskie osnovy konstruirovaniya vysokoeffektivnyh azotfiksiruyushchih mikrobno-rastitel'nyh simbiozov // Ekologicheskaya genetika. 2019. T. 17. № 1. S. 11–18. DOI: 10.17816/ecogen17111-18.
20. Serova T.A., Cyganov V.E. Starenie simbioticheskogo kluben'ka u bobovyh rastenij: molekulyarno-geneticheskie i kletochnye aspekty (obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya 2014. № 5. S. 3–15.

REFERENCES

Поступила в редакцию 05.06.2023

Принята к публикации 19.06.2023