Влияние клубеньковых бактерий на формирование вегетативной массы сои и развитие симбиотического аппарата на чернозёме выщелоченном

В.А. Тильба,

доктор биологических наук, академик РАН

Н.М. Тишков,

доктор сельскохозяйственных наук

В.Л. Махонин,

кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Шкарупа,

младший научный сотрудник, аспирант

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

E-mail: agrohim@vniimk.ru

Для цитирования: Тильба В.А., Тишков Н.М., Махонин В.Л., Шкарупа М.В. Влияние клубеньковых бактерий на формирование вегетативной массы сои и развитие симбиотического аппарата на чернозёме выщелоченном // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 79–87.

Ключевые слова: соя, клубеньковые бактерии, вегетативная масса растения, клубеньки, бактериализация.

На опытном поле ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар) на чернозёме выщелоченном слабогумусном тяжелосуглинистом изучали реакцию растений сортов сои Барс и Славия на бактериализацию штаммами 5/1 и 7п в сравнении со стандартом (Ноктин А). Целью исследований было выявить характер изменений показателей прироста надземной вегетативной биомассы, корней и развития симбиотического аппарата на корнях растений в два срока: первый – в фазе цветения – начала бобообразования (июнь) и второй – в фазе налива семян (август). Существенное увеличение надземной биомассы растений отмечено в первый срок наблюдений. Масштабы прироста корневой системы по вариантам существенно различались. Количество клубеньков в этот же период по вариантам со штаммами превосходило контроль без инокуляции. По показателям нарастания надземной массы, корней и формированию клубеньков можно сделать заключение, что положительное

влияние бактериализации зависит от потребности растений в азоте по этапам органогенеза. Симбиотический азот заметно улучшал рост растений. По усреднённым интегрированным показателям сухая биомасса бактеризованных растений изучаемых сортов в начале вегетации превышала контроль на 26–39 %. К десятому этапу органогенеза биологический урожай у среднераннеспелого сорта Барс превосходил контроль, в зависимости от штамма, на 36–44 %, а у раннеспелого сорта Славия – на 3–4 %.

UDC 631.5:633.853.52:576.851.155

Influence of nodule bacteria on formation of vegetative biomass of soybean and development of symbiotic apparatus on leached black soil.

Tilba V.A., doctor of biology, academician RAS

Tishkov N.M., doctor of agriculture

Makhonin V.L., PhD in agriculture

Shkarupa M.V., junior researcher, postgraduate student

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK)

17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

E-mail: agrohim@vniimk.ru

Key words: soybean, nodule bacteria, vegetative biomass of a plant, nodules, inoculation.

We studied the reaction of soybean plants of cultivars Bars and Slavia to inoculation with strains 5/1 and 7p in comparison with the standard (Noctin A) on leached low humus heavy loamy black soil on the experimental field of the V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), Krasnodar. The aim of the research was to identify the nature of changes in the growth indicators of the aboveground vegetative biomass, roots and the development of the symbiotic apparatus on plant roots in two periods: the first – in the phase flowering–beginning of bean formation (June) and the second – in the seed filling phase (August). A significant increase in the aboveground biomass of plants was noted in the first observation period. The magnitude of the growth of the root system in the variants varied significantly. The number of nodules at the same period in variants with strains exceeded the control without inoculation. According to the indicators of the increase in the aboveground biomass, roots and the formation of nodules, we can conclude that the positive effect of inoculation depends on the plant's need for nitrogen at the stages of organogenesis. Symbiotic nitrogen markedly improved plant growth. According to the averaged integrated indicators, the dry biomass of the inoculated plants of the studied cultivars at the beginning of the vegetative period exceeded the control by 26–39%. By the tenth stage of organogenesis, the biological yield of the middle maturing cultivar Bars exceeded the control by 36–44%, depending on the strain, and of the early maturing cultivar Slavia – by 3–4%.

Введение. Изучению сои – важнейшей культуры мирового сельскохозяйственного производства, посвящены многочисленные исследования [1; 2; 3; 4; 5]. Продукционные процессы у сои, как представителя семейства бобовых, осуществляются в течение значительной части вегетационного периода с участием симбиотических диазотрофов. На разных этапах органогенеза особенности взаимодействия макро- и микросимбионтов могут существенно меняться, в зависимости от состояния партнёров симбиоза (степень влияния до 40 %) и гидротермических факторов (до 60 %).

До начала первичного этапа инфекционного процесса на поверхность выходят семядоли сои. В этот период развитие симбионтов происходит с участием Nod-фактора [6; 7] и ряда белковых структур почвенных микроорганизмов. Некоторое время развитие проростка обеспечивается ресурсами семядолей [8]. В течение второго этапа органогенеза через 6–7 дней после появления всходов на корнях появляются клубеньки. Ещё через неделю, при благоприятных условиях, растения начинают использовать симбиотический азот. Общее количество азота, поступившего в корневую систему из почвенного раствора, дополняется азотом, усвоенным в клубеньках. На последующих этапах органогенеза этот процесс интенсифицируется. Азот, поступивший в корни из клубеньков, включается в биосинтетические процессы. Из корневой системы в надземную часть сои перемещаются аминокислоты и другие органические соединения. Из листьев с нисходящим потоком, в зависимости от прохождения фаз, постоянно усиливается приток углеводов [9; 10]. Некоторая часть пластических веществ используется соей в процессе симбиотической азотфиксации.

Динамичность передвижения ассимилятов, её суточная ритмичность и изменчивость по фазам органогенеза во многом зависят от внешних условий. Можно полагать, что нередко происходит избыточ-

ное поступление азотсодержащих соединений в вегетативные органы растений в ущерб формированию генеративных органов. Именно поэтому часто не происходит повышения зерновой продуктивности сои при использовании высоких доз азотных удобрений, сопровождаемого избыточным нарастанием зелёной массы [11].

Следует отметить, что при относительно полной осведомлённости о начальных процессах развития сои особенности массообмена между органами растений сои на четвёртом и последующих этапах органогенеза изучены недостаточно. Поэтому представляется целесообразным изучить, в какой мере симбиотический азот, как дополнительный источник азота, полученный от бактериальных препаратов (типа – нитрагин) на фоне действия аборигенных ризобий, влияет на развитие сои (массу надземной части и корней) в первой (июнь) и второй (август) половинах вегетационного периода.

Материалы и методы. Опыты закладывали на экспериментальном участке «Федерального научного центра «Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур» в 2017 и 2018 гг. Делянки располагались на чернозёме выщелоченном, который характеризуется слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5,4), содержанием гумуса 3,5 %, суммой поглощённых оснований 28,7 мг-экв/100 г почвы.

Высеивали два сорта сои – Славия и Барс. Сорт Славия раннеспелый, созревает за 103–108 дней, содержание в семенах белка 40–41 %, масла – 20–22 %. Сорт высокорослый, с глубокой корневой системой, нарастание вегетативной массы по периодам развития равномерное. С 2009 г. успешно используется в производстве.

Сорт Барс – новый, перспективный, проходит государственные сортоиспытания с 2017 г. Среднеранний, созревает за 110–117 дней, содержание белка в семенах колеблется в зависимости от условий от 41 до 45 %, масла – 18–22 %. В период

ветвление – цветение отмечается интенсивное нарастание вегетативной массы.

В опытах использовали штаммы медленнорастущих клубеньковых бактерий сои (*Bradyrhizobium japonicum*). Штамм 5/1 выделен ранее из лугово-черноземной почвы Амурской области, штамм 7п – из чернозема выщелоченного Краснодарского края. В качестве стандарта использовался разрешённый для применения в производстве жидкий инокулят зарубежного производства Ноктин А.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались по отдельным этапам вегетационного периода. Как видно из таблицы 1, в 2017 г. температура воздуха за период активной вегетации сои (май – август) была несколько ниже, чем в 2018 г., но выше среднемноголетнего показателя.

Таблица 1

Метеорологические условия в годы проведения исследований

Год	Месяц				За период май – август
	май	июнь	июль	август	
Температура воздуха, °С					
2017	17,5	22,0	24,8	26,3	22,7
2018	18,9	23,5	26,5	25,4	23,6
Средне- многолетнее	16,8	20,4	23,2	22,7	20,8
Количество осадков, мм					
2017	116,0	63,4	86,7	11,2	277,3
2018	86,0	17,0	119,2	6,8	223,0
Средне- многолетнее	57,0	67,0	60,0	48,0	232,0

Наиболее значительные различия по годам отмечены в динамике выпадения осадков. Так, за первый период роста и развития сои (май – июнь) в 2017 г. их выпало 179,4 мм, а в 2018 г. – 103,0 мм.

Опыт закладывали в 3-кратной повторности с площадью делянок 14 м². Отборы образцов для учёта биомассы растений проводили на двух несмежных повторностях в 4-кратной повторности в июне и в августе. Учитывали прирост надземной вегетативной массы растений, корней и клубеньков по методике ВНИИМК [12] в пересчёте сухой массы и количества клубеньков на 1 растение. Математи-

ческая обработка результатов выполнялась методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова [13].

В день посева семена обрабатывали агаровой культурой штаммов ризобий из расчёта до 2 млн клеток на 1 семя. Сою высевали селекционной сеялкой с междурядьями 70 см, технология возделывания общепринятая, согласно существующим рекомендациям [14].

Результаты и обсуждение. Представлялось целесообразным получить данные о том, как распределяются ресурсы пластических веществ по вегетативным органам растений сои (надземная масса, корни, клубеньки) в первой и второй половинах вегетационного периода у изучаемых сортов Барс и Славия.

В среднем за 2 года у сорта Барс в оба срока учётов бактеризованные растения по биомассе превосходили контроль. В первый срок (июнь) во всех вариантах было достоверное превышение по надземной массе (на 10–41 %) и по массе корней (на 33–55 %). Во второй срок (август) по надземной массе растений отмечалась чёткая тенденция превышения над контролем в варианте со штаммом 5/1 и достоверное превышение в стандарте и в варианте со штаммом 7п. По массе корней во всех вариантах было существенное превышение над контролем – на 21–36 % (табл. 2). Наибольший эффект отмечен в варианте со штаммом 7п.

У сорта Славия в июне все штаммы способствовали повышению прироста надземной части растений, наиболее заметно в варианте со штаммом 7п. Масса корней в данный период достоверно возрастала также под влиянием этого штамма. Во второй срок (в августе) различия между вариантами по надземной массе оказались незначительными, но по массе корней все варианты достоверно превышали контроль (на 9–11 %).

Масштабы нарастания надземных органов растений и корней у изучаемых сортов по годам существенно различались. В 2018 г. эти показатели были значительно выше, чем в 2017 г., что

объясняется более высокой и устойчивой температурой воздуха, достаточным количеством осадков в мае и большим их количеством в июле (см. табл. 1).

В противоположность этому, количество и масса клубеньков на корнях растений в 2018 г. были в несколько раз меньше, чем в 2017 г. (табл. 3), в связи с тем, что осадков в мае первого года исследований выпало в 2 раза больше среднегоголетнего показателя и почти в 1,4 раза больше, чем в 2018 г.

Таким образом, испытываемые штаммы клубеньковых бактерий на обоих изучаемых сортах сои в целом оказывали положительное влияние на нарастание надземной вегетативной массы растений и корней в первой половине вегетационного периода. Максимальный эффект наблюдался в вариантах со штаммом 7п.

Во второй период вегетации у сорта Барс бактериализация стимулировала существенный прирост корневой системы по отношению к контролю во всех вариантах и надземной биомассы в варианте со штаммом 7п. У сорта Славия в этот срок бактериализованные растения достоверно превосходили контроль по массе корней, но по показателям развития надземной части растений существенных различий между вариантами не выявлено.

Такие различия объясняются сортовыми особенностями – разной продолжительностью вегетационного периода и, соответственно, различной реакцией на складывающиеся гидротермические условия. Из данных, приведённых в таблице 3, следует, что у сорта Барс действие ризобий штамма 5/1 в оба срока обеспечивало по отношению к контролю достоверное повышение числа клубеньков (на 13 и 47 %) и их массы (на 29 и 51 %). В варианте бактериализации штаммом 7п по количеству клубеньков достоверных отличий от контроля не отмечалось, но масса их в оба срока была выше, чем в других вариантах и превосходила контроль на 42 и 46 %.

У растений сорта Славия бактериальные препараты способствовали достоверному увеличению числа клубеньков и их массы в июне. Следовательно, и первоначально часть ресурсов этого раннеспелого сорта использовалась для развития симбиотического аппарата. В августе масса клубеньков данного сорта нарастала более масштабно, чем у сорта Барс. В этот же период масса корневой системы у второго сорта была несколько выше, чем у первого, что связано с особенностями перераспределения пластических веществ между органами растений.

Для определения степени воздействия изучаемых штаммов ризобий на прирост биомассы сои (надземная часть, корни и клубеньки) использовали в сравнении с контролем усреднённые показатели по трём штаммам (включая стандарт). Практически все показатели по нарастанию массы надземной части растения, корней и клубеньков у изучаемых сортов заметно превышали контроль (табл. 4).

Сортовые различия по реакции на бактериализацию заключаются в том, что прирост массы надземной части и корней у сорта Барс в августе был намного выше, чем у раннеспелого сорта Славия. Если у сорта Барс эти показатели составили, соответственно, 40 и 29 %, то у сорта Славия – 5 и 10 %.

В целом, по обобщённым процентным показателям бактериализованные растения обоих сортов по всем признакам имели преимущество по сравнению с контрольными.

Вместе с тем динамика изменения изучаемых признаков заметно различается по вариантам с различными штаммами. Так, суммарный прирост вегетативной массы растений (надземной части и корней) ко второму сроку наблюдений (август) у сорта Барс превосходит контроль на 17–184 % и по приросту массы клубеньков – на 6–63 % (табл. 5).

Табл. 2 и 3

Табл. 4

Таблица 5

Увеличение вегетативной массы растений и количества клубеньков за июнь – август (%) под влиянием различных штаммов клубеньковых бактерий (среднее за 2017–2018 гг.)

Вариант	Сухая вегетативная масса растений, % к исходному показателю	Количество клубеньков, % к исходному показателю	Масса клубеньков, % к исходному показателю
Сорт Барс			
Контроль	354	282	186
Стандарт	438	415	249
Штамм 5/1	378	319	217
Штамм 7п	371	285	192
Сорт Славия			
Контроль	456	351	203
Стандарт	383	315	330
Штамм 5/1	350	284	284
Штамм 7п	309	360	370

У растений раннеспелого сорта Славия в августе в вариантах с бактеризацией темпы нарастания вегетативной массы замедлились, но масса клубеньков увеличивалась по сравнению с контролем на 81–167 %.

Сложная динамика перераспределения пластических веществ между частями растений в органогенезе предполагает постоянное изменение их баланса в пользу репродуктивных органов. В свою очередь изменение гидротермических факторов нередко нарушает указанные процессы. В такой ситуации наблюдается избыточное развитие вегетативной массы.

В первый срок наблюдений у обоих сортов все варианты с инокуляцией семян по показателю биологического урожая в различной степени превосходили контроль: у сорта Барс – на 22–44 % и у сорта Славия – на 12–45 %.

Использование изучаемыми сортами сои симбиотически фиксированного азота, судя по приросту надземной массы и корней бактеризованных растений, позволяет в целом заметно улучшить их режим питания этим элементом по сравнению с контролем. Наиболее заметно это по признаку количество клубеньков во второй срок наблюдений (август),

когда симбиотический аппарат сформировался полностью.

Сортовые различия по формообразованию симбиотического аппарата растений свидетельствуют о некотором преимуществе более раннеспелого сорта Славия. Резкие различия некоторых изучаемых признаков по годам объясняются гидротермическими факторами и сортовой спецификой. Но основное значение для использования симбиотического азота имеют потребности растений в каждый конкретный период вегетации.

Как указывает А.И. Кононович [10], в начальный период развития сои (I–IV этапы органогенеза) наибольшая потребность наблюдается в фосфоре. И лишь позднее первое место занимает азот. В проведённых нами опытах в фенофазе от периода ветвления до формирования бобов потребность в этом элементе постоянно увеличивается. Это отражается на темпах прироста надземной части растений, корней и клубеньков. По данным М.Д. Салтанова [15], изучавшего посевы сои в Амурской области, от всходов до цветения соя потребляет 7 % от общей потребности азота, до 4,7 % фосфора и до 9,4 % калия. В период от цветения до налива эти же показатели составляют соответственно до 60–65 и 70 % от общей потребности.

Известно, что даже сравнительно небольшое по масштабам поступление в растения симбиотического азота заметно улучшает рост растений на изучаемых этапах органогенеза. При этом следует учитывать, что азот из клубеньков сразу поступает во внутренние ткани корневой системы, где сразу же включается в первичные биосинтетические процессы. Дальнейшее передвижение азотных соединений в стебли и листья требует определённого времени и некоторых энергетических затрат.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что вне зависимости от динамики перераспределения пластических веществ бактеризованные

растения имеют по развитию заметное преимущество перед контрольными. По интегрированным показателям обобщённого характера, инокуляция клубеньковыми бактериями способствовала увеличению фитомассы у позднеспелого сорта на 5–24 %. Биологический урожай биомассы к десятому этапу органогенеза у сорта Барс повысился на 36–44 %. У сорта Славия этот же показатель составлял 3–4 %, что объясняется завершением вегетативного роста этого сорта во второй срок наблюдений.

Улучшение азотного питания бактеризованных растений происходит на фоне потребления азота из почвы и симбиотрофного процесса посредством аборигенных ризобий. В ситуации острого дефицита этого элемента даже небольшое поступление его под влиянием штаммов инокулянтов оказывает заметное влияние на рост растений. Кроме того, бактериальные препараты оказывают на семена стимулирующее действие.

Испытанные штаммы клубеньковых бактерий могут существенно различаться по эффективности влияния на макросимбионты. Наиболее часто самую высокую активность проявляет штамм 7п, особенно в первый период роста.

Следует учитывать, что интенсивное развитие бактеризованных растений по признаку нарастания надземной массы не является гарантией повышения их зерновой продуктивности. Изменение масштабов нарастания зелёной массы нередко наблюдается при избыточном потреблении азотных соединений. Этому способствует, по-видимому, нарушение термического и водного режимов внешней среды. При этом происходит дисбаланс ритма поступления ассимилянтов и элементов минерального питания, включая азот, что отражается на формировании репродуктивных органов. Следовательно, может нарушаться сбалансированный ритм использования ассимилянтов и элементов минерального питания. Указанный дисбаланс неблаго-

приятно отражается на масштабах формирования репродуктивных органов.

Выводы. 1. В условиях 2017–2018 гг. растения сои сортов Барс и Славия при инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий в основном развивались значительно лучше, чем в контроле. В первый срок учётов (июнь) у сорта Барс масса надземной части растений достоверно превышала контроль – на 11–41 %, а у сорта Славия – на 35–43 %. В августе у сорта Барс указанные различия сохранились, а у более раннеспелого сорта Славия ослабевали по причине завершения вегетативного роста и перераспределения пластических веществ между органами растений.

2. Число и масса клубеньков у обоих сортов на бактеризованных растениях значительно превышали контроль во второй половине вегетации: в среднем на 35 и 39 % у сорта Барс и на 119 и 200 % у сорта Славия.

3. В течение второго–пятого этапов органогенеза бактеризованные растения, по интегрированным данным, как правило, имели заметное преимущество перед контрольными по биомассе. Клубеньковые бактерии, использованные для бактеризации, способствовали её нарастанию по сортам на 41–43 %.

4. Сортные различия у сортов Барс и Славия выражались в том, что сорт Барс накапливал большую вегетативную биомассу, однако сорт Славия несколько превосходил его по количеству клубеньков и их массе (в расчёте на 1 растение).

5. Штамм 7п по большинству признаков превосходил другие штаммы ризобий и контроль. В этом варианте отмечены максимальные значения прироста надземной массы, корней и клубеньков.

Список литературы

1. Енкен В.Б. Соя. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 622 с.
2. Золотницкий В.А. Соя на Дальнем Востоке. – Хабаровск: Кн. изд-во, 1962. – 248 с.
3. Норман А. Дж., Хауэл Р. [и др.]. Соя / Под ред. и с предислов. В.Б. Енкена. – М.: Колос, 1970. – 276 с.

4. Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукомца. – Краснодар, 2005. – 434 с.

5. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Капустик Д.С. Соя на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 336 с.

6. Маттис Э., Кайн Я. Прикрепление *Rhizobiaceae* к растительным клеткам // В сб.: *Rhizobiaceae* – молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Под ред. Спайк Г., Кондрасин А., Хукас П. / Под русск. ред. Тихоновича И.А и Проворова Н.А. – С.-Петербург, 2002. – С. 259–274.

7. Садовски И., Грэм П. Почвенная биология *Rhizobiaceae* // В сб.: *Rhizobiaceae* – молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Под ред. Спайк Г., Кондрасин А., Хукас П. / Под русск. ред. Тихоновича И.А и Проворова Н.А. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 179–197.

8. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. – М., 1968. – 224 с.

9. Курсанов Л.Л. Корневая система как орган обмена веществ // Известия АН СССР. – 1957. – № 6. – С. 16–18.

10. Кононович А.И., Лопатина А.И. О влиянии бора и молибдена на динамику накопления жира и белка при созревании зерна сои // Всесоюзное совещание по вопросам биологии и возделывания сои в Советском Союзе. – Владивосток, 1967. – С. 64–65.

11. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани: научно-производственное издание. – Краснодар, 2009. – 320 с.

12. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В.М. Лукомца. – Краснодар: ВНИИМК, 2010. – 327 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Альянс, 2014. – 352 с.

14. Инновационные технологии возделывания масличных культур / Под общ. ред. акад. РАН В.М. Лукомца. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. – 256 с.

15. Салтанов М.Д. Минеральное питание сои и диагностика потребности её в удобрениях в Амурской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук – Благовещенск, 1978. – 48 с.

References

1. Enken V.B. Soja. – М.: Sel'hozgiz, 1959. – 622 s.
2. Zolotnickij V.A. Soja na Dal'nem Vostoke. – Habarovsk: Kn. izd-vo, 1962. – 248 s.
3. Norman A. Dzh., Haujel R. [i dr.]. Soja / Pod red. i s predislov. V.B. Enkena. – М.: Kolos, 1970. – 276 s.

4. Soja. Biologija i tehnologija vzdelyvanija / Pod red. V.F. Baranova i V.M. Lukomca. – Krasnodar, 2005. – 434 s.

5. Vashhenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chajka N.V., Kapustik D.S. Soja na Dal'nem Vostoke. – Vladivostok: Dal'nauka, 2010. – 336 s.

6. Mattis Je., Kajin Ja. Prikreplenie *Rhizobiaceae* k rastitel'nym kletkam // V sb.: *Rhizobiaceae* – molekularnaja biologija bakterij, vzaimodejstvujushhih s rastenijami / Pod red. Spajk G., Kondrasin A., Hukas P. / Pod russk. red. Tihonovicha I.A i Provorova N.A. – S.-Peterburg, 2002. – S. 259–274.

7. Sadovski I., Grjem P. Pochvennaja biologija *Rhizobiaceae* // V sb.: *Rhizobiaceae* – molekularnaja biologija bakterij, vzaimodejstvujushhih s rastenijami / Pod red. Spajk G., Kondroshi A., Hukas P. / Pod russk. red. Tihonovicha I.A i Provorova N.A. – Sankt-Peterburg, 2002. – S. 179–197.

8. Kuperman F.M. Morfofiziologija rastenij. – М., 1968. – 224 s.

9. Kursanov L.L. Kornevaja sistema kak organ obmena veshhestv // Izvestija AN SSSR. – 1957. – № 6. – S. 16–18.

10. Kononovich A.I., Lopatina A.I. O vlijanii bora i molibdena na dinamiku nakoplenija zhira i belka pri sozrevanii zerna soi // Vsesojuznoe soveshhanie po voprosam biologii i vzdelyvanija soi v Sovetskom Sojuze. – Vladivostok, 1967. – S. 64–65.

11. Baranov V.F., Kochegura A.V., Lukomec V.M. Soja na Kubani: nauchno-proizvodstvennoe izdanie. – Krasnodar, 2009. – 320 s.

12. Metodika provedenija polevyh agrotehnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod red. V.M. Lukomca. – Krasnodar: VNIIMK, 2010. – 327 s.

13. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij. – М.: Al'jans, 2014. – 352 s.

14. Innovacionnye tehnologii vzdelyvanija maslichnyh kul'tur / Pod obshh. red. akad. RAN V.M. Lukomca. – Krasnodar: Prosveshhenie-Jug, 2017. – 256 s.

15. Saltanov M.D. Mineral'noe pitanie soi i diagnostika potrebnosti ejo v udobrenijah v Amurskoj oblasti: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk – Blagoveshhensk, 1978. – 48 s.

Получено: 02.12.2019 Принято: 24.03.2020
Received: 02.12.2019 Accepted: 24.03.2020

Таблица 2

Влияние штаммов ризобий сои на массу надземной части растений и корней сои сортов Барс и Славия

ЦЭБ ВНИИМК, 2017–2018 гг.

Вариант (штамм)	Надземная сухая масса 1 растения, г						Сухая масса корней 1 растения, г					
	июнь			август			июнь			август		
	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя
Сорт Барс												
Контроль	1,07	2,72	1,90	5,13	8,30	6,72	0,28	1,03	0,66	0,48	2,43	1,46
Стандарт	1,21	2,99	2,10	6,10	12,30	9,20	0,45	1,43	0,94	0,77	2,99	1,88
Штамм 5/1	2,12	2,69	2,41	6,58	11,62	9,10	0,48	1,27	0,88	0,85	2,69	1,77
Штамм 7п	2,03	3,32	2,68	7,76	12,11	9,94	0,52	1,52	1,02	0,94	3,01	1,98
НСР ₀₅	0,14	0,10	0,12	1,24	4,50	2,46	0,09	0,03	0,07	0,03	0,08	0,05
Сорт Славия												
Контроль	0,75	2,49	1,62	6,15	8,63	7,39	0,41	1,18	0,79	0,51	2,49	1,50
Стандарт	1,42	3,00	2,25	6,60	10,31	8,46	0,45	1,21	0,83	0,65	2,67	1,66
Штамм 5/1	1,76	2,62	2,19	7,22	8,11	7,67	0,57	1,19	0,88	0,89	2,39	1,64
Штамм 7п	2,32	2,33	2,32	7,64	6,73	7,19	0,58	1,97	1,28	0,99	2,33	1,66
НСР ₀₅	0,19	0,53	0,32	0,38	2,2	1,06	0,05	0,14	0,08	0,06	0,12	0,09

Таблица 3

Развитие симбиотического аппарата у растений сортов сои Барс и Славия под влиянием штаммов ризобий

ЦЭБ ВНИИМК, 2017–2018 гг.

Вариант (штамм)	Число клубеньков на 1 растение, шт.						Сухая масса клубеньков на 1 растение, мг					
	июнь			август			июнь			август		
	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя	2017 г.	2018 г.	средняя
Сорт Барс												
Контроль	10,2	2,6	6,4	17,8	18,3	18,1	12,5	10,0	11,3	19,1	22,8	21,0
Стандарт	10,2	2,1	6,2	19,5	31,5	25,5	12,9	7,1	10,0	23,7	26,1	24,9
Штамм 5/1	13,6	3,1	8,4	24,7	28,5	26,6	19,1	10,1	14,6	29,5	34,0	31,8
Штамм 7п	13,3	1,7	7,5	23,4	19,3	21,3	19,4	12,5	16,0	30,2	30,9	30,6
НСР ₀₅	1,4	1,0	1,3	1,1	12,3	5,3	1,0	0,3	0,8	1,3	0,8	1,1
Сорт Славия												
Контроль	12,1	4,3	8,2	18,4	39,1	28,8	13,1	6,6	9,9	19,9	20,1	20,0
Стандарт	13,3	8,9	11,1	20,6	49,3	35,0	18,4	5,8	12,1	29,8	50,1	40,0
Штамм 5/1	14,1	7,9	11,0	22,9	39,5	31,2	17,6	6,8	12,2	35,3	33,9	34,7
Штамм 7п	13,1	7,3	10,2	23,9	49,6	36,8	17,3	7,3	12,3	42,9	48,2	45,6
НСР ₀₅	0,5	2,2	1,1	0,8	8,7	3,7	1,0	1,4	1,1	2,2	1,2	1,8

Таблица 4

Влияние ризобий на обобщённый показатель прироста надземной массы, корней и клубеньков сои по сравнению с первоначальными показателями (среднее за 2017–2018 гг.)

Вариант	Надземная сухая масса 1 растения				Сухая масса корней 1 растения				Число клубеньков на 1 растение				Сухая масса клубеньков на 1 растение			
	июнь		август		июнь		август		июнь		август		июнь		август	
	г	% к конт- ролю	г	% к конт- ролю	г	% к конт- ролю	г	% к конт- ролю	шт.	% к конт- ролю	шт.	% к конт- ролю	мг	% к конт- ролю	мг	% к конт- ролю
Сорт Барс																
Контроль	1,90	100	6,72	100	0,66	100	1,46	100	6,4	100	18,1	100	11,3	100	21,0	100
Штаммы	2,40	126	9,41	140	0,95	144	1,88	129	7,4	116	24,5	135	13,5	119	29,1	139
Сорт Славия																
Контроль	1,62	100	7,39	100	0,79	100	1,50	100	8,2	100	28,8	100	9,9	100	20,0	100
Штаммы	2,25	139	7,77	105	1,00	127	1,65	110	10,8	132	34,3	119	12,2	123	40,1	200