



УДК: 633.34:631.816.32
DOI 10.25230/conf12-2023-331-335

ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА У СОРТОВ СОИ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Шкарупа М.В.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
agrohim@vniimk.ru

В 2021–2022 гг. на черноземе выщелоченном центральной природно-климатической зоны Краснодарского края изучали влияние припосевного внесения минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{30}$ и $N_{30}P_{30}S_{21}$ на формирование симбиотического аппарата у сортов сои разных групп спелости по фазам вегетации. Установлено, что применяемые минеральные удобрения замедляли развитие симбиотического аппарата в период от образования 4-го тройчатосложного листа до цветения у изучаемых сортов сои. К фазе налива семян не выявлено достоверного отрицательного действия минеральных удобрений на формирование клубеньков.

Ключевые слова: соя, симбиотическая азотфиксация, минеральные удобрения, припосевное удобрение.

Введение. Соя очень требовательна к условиям минерального питания, на формирование урожая 1,5–2,0 т/га ей необходимо около 135–180 кг азота, 25–40 кг фосфора и 50–70 кг калия [1]. Как бобовая культура, соя удовлетворяет свои потребности в азоте при помощи его симбиотической фиксации из атмосферного воздуха. Особое место в симбиотических отношениях сои с клубеньковыми бактериями занимают формы минерального азота в почве. Высокие концентрации минерального азота в прикорневой зоне подавляют образование, рост и нитрогеназную активность клубеньков на ранних этапах развития растений, а низкие концентрации оказывают стимулирующий эффект на развитие симбиотического аппарата [2]. При этом ряд исследований свидетельствует об эффективности стартового внесения азотных удобрений для обеспечения растений минеральным азотом до начала работы симбиотического аппарата [3–5]. Поэтому целью наших исследований являлось установить особенности формирования симбиотического аппарата у сортов сои разных групп спелости при внесении минеральных удобрений при посеве.

Материалы и методы. В 2021–2022 гг. изучали влияние локально-ленточного припосевного внесения минеральных удобрений на динамику формирования симбиотического аппарата у сортов сои разных групп спелости.

Исследования проводили на опытном участке центральной экспериментальной базы ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар) и в лаборатории агрохимии согласно «Методике агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» [6].

Объектами исследований служили сорта сои (фактор А): Вита – очень ранний, вегетационный период 90–100 суток; Славия – раннеспелый, вегетационный период 103–108 суток; Ирбис – скороспелый, вегетационный период 104–110 суток; Вилана бета – среднеранний, вегетационный период 112–120 суток.

Агротехника в опытах разработана ВНИИМК и рекомендована для центральной природно-климатической зоны Краснодарского края [7]. Площадь делянки 56 м², повторность четырехкратная. Семена сои перед посевом инокулировали препаратом ХайКоут Супер Соя. Посев широкорядный с междурядьями 70 см сеялкой Gaspardo с туковысевающими аппаратами с внесением двух норм удобрений (фактор В): $N_{30}P_{30}$ (тукосмесь из аммофоса и



аммонийной селитры) и $N_{30}P_{30}S_{21}$ (сульфоаммофос марка 20:20(14)), контроль – без внесения удобрений.

Экспериментальные данные, полученные в опыте, оценивали методами дисперсионного анализа [8].

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный. Перед посевом пахотный слой почвы (0–20 см) характеризовался слабокислой реакцией почвенного раствора ($pH_{KCl} = 5,1$), низкой обеспеченностью нитратным (4,2 мг/кг), аммонийным азотом (19,0 мг/кг) и подвижной серой (3,7 мг/кг), средней обеспеченностью подвижным фосфором (18,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина) и повышенной обеспеченностью обменным калием (365,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина).

В фазах образования четвёртого тройчатосложного листа (ВВСН 14), цветения (ВВСН 65) и налива семян (ВВСН 75) отбирали почвенные монолиты (на глубину 0–20 см) для определения динамики образования клубеньков [6].

Погодные условия вегетационного периода сои (апрель–сентябрь) в 2021 г. характеризовались большим количеством осадков, но их распределение по месяцам было неравномерным. Большая часть осадков выпала в период от всходов до цветения сои (май–июнь). Это способствовало образованию большой вегетативной массы у изучаемых сортов. А период образования бобов–налива семян протекал при сильной засухе и высоких температурах воздуха – со второй декады июля до второй декады августа сумма осадков составила всего 13 мм, при среднесуточных температурах на 3,8–3,9 °С выше нормы. В 2022 г. начало вегетации сои (от всходов до образования 3-х тройчатосложных листьев) сопровождалось дефицитом влаги, но до фазы созревания (третья декада августа) количество осадков было оптимальным и близким к норме, что благоприятно повлияло на продуктивность растений сои изучаемых сортов.

Результаты и обсуждение. В 2021–2022 гг. при внесении $N_{30}P_{30}$ и $N_{30}P_{30}S_{21}$ при посеве уменьшалась воздушно-сухая масса клубеньков на корнях в слое почвы 0–20 см относительно контроля в фазе образования 4-го тройчатосложного листа у сортов Вита на 20,2–42,4 %, Славия на 65,6–75,1 % и Вилана бета на 65,0–66,2 %, а в среднем по сортам достоверное снижение показателя составило 1,33–1,55 г/м² (48,7–56,8 %) (табл. 1).

В фазе цветения при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}$ существенно снижалось накопление сухой массы клубеньков у сортов Ирбис (на 19,8 %), Славия (на 25,8 %) и Вилана бета (на 36,9 %), а в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ – у сортов Вита (на 26,7 %), Ирбис (на 34,1 %) и Славия (на 40,9 %). В среднем по изучаемым сортам применение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ способствовало формированию наименьшей массы клубеньков на корнях сои – показатель снижался на 3,74 г/м² (36,9 %) по сравнению с контролем и на 2,80 г/м² с дозой $N_{30}P_{30}$.

В фазе налива семян на делянках с припосевным внесением $N_{30}P_{30}$ воздушно-сухая масса клубеньков была больше по сравнению с контролем у сорта Вилана бета на 0,35 г/м², Славия – на 1,06 г/м² и Вита – на 1,58 г/м², но не превышала НСР₀₅ (1,63 г/м²). Достоверное снижение показателя при использовании минеральных удобрений к этой фазе развития растений наблюдалось только у сорта Вита при внесении $N_{30}P_{30}S_{21}$ и сорта Ирбис – $N_{30}P_{30}$. В среднем по изучаемым сортам минеральные удобрения в дозе $N_{30}P_{30}$, внесенные при посеве, способствовали увеличению массы клубеньков на корнях сои на 1,93 г/м² (20,4 %).

В фазе образования 4-го тройчатосложного листа число клубеньков на корнях сои в слое почвы 0–20 см существенно снижалось по сравнению с контролем без удобрений в вариантах с внесением при посеве минеральных удобрений у сортов Вилана бета на 260–285 шт./м² (42,2–46,3 %) и Славия на 468–498 шт./м² (65,6–75,1 %), а также в среднем по изучаемым сортам на 170–193 шт./м² (29,2–31,1 %) (табл. 2).



Таблица 1. Влияние припосевного внесения удобрений на воздушно-сухую массу клубеньков по фазам вегетации сортов сои

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021–2022 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Воздушно-сухая масса клубеньков по фазам вегетации, г/м ²					
		4 тройчатосложных листа		цветение		налив семян	
		среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю
Вита	Контроль	0,99	0	6,19	0	8,33	0
	N ₃₀ P ₃₀	0,79	-0,20	7,08	+0,89	9,91	+1,58
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	0,57	-0,42	4,54	-1,65	6,31	-2,02
Славия	Контроль	2,85	0	8,69	0	7,77	0
	N ₃₀ P ₃₀	0,98	-1,87	6,45	-2,24	8,82	+1,06
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	0,71	-2,14	5,14	-3,55	7,55	-0,22
Ирбис	Контроль	1,13	0	7,54	0	14,67	0
	N ₃₀ P ₃₀	1,58	+0,45	4,97	-2,57	12,76	-1,91
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	1,39	+0,26	6,05	-1,49	14,92	+0,25
Вилана бета	Контроль	2,37	0	5,94	0	12,63	0
	N ₃₀ P ₃₀	0,80	-1,57	5,87	-0,07	12,98	+0,35
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	0,84	-1,54	4,03	-1,91	11,20	-1,43
Среднее по сортам	Контроль	2,73	0	10,13	0	9,45	0
	N ₃₀ P ₃₀	1,40	-1,33	9,19	-0,94	11,38	+1,93
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	1,18	-1,55	6,39	-3,74	8,73	-0,72
НСР ₀₅	вариантов	0,42	–	1,27	–	1,63	–
	фактора А	0,24	–	0,73	–	0,94	–
	фактора В	0,21	–	0,64	–	0,82	–

Таблица 2. Влияние припосевного внесения удобрений на число клубеньков по фазам вегетации сортов сои

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021–2022 гг.

Сорт (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Число клубеньков по фазам вегетации, шт./м ²					
		4 тройчатосложных листа		цветение		налив семян	
		среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю
Вита	Контроль	439	0	1277	0	1755	0
	N ₃₀ P ₃₀	383	-56	1506	+229	1750	-5
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	372	-67	1307	+30	1484	-271
Славия	Контроль	916	0	2126	0	1749	0
	N ₃₀ P ₃₀	448	-468	1841	-285	2002	+253
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	418	-498	1730	-396	1855	+106
Ирбис	Контроль	362	0	1489	0	2504	0
	N ₃₀ P ₃₀	491	129	1236	-253	2410	-94
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	414	52	1166	-323	2826	+322
Вилана бета	Контроль	616	0	1311	0	2330	0
	N ₃₀ P ₃₀	331	-285	1642	+331	2238	-92
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	356	-260	1238	-74	2140	-190
Среднее по сортам	Контроль	583	0	1551	0	2085	0
	N ₃₀ P ₃₀	413	-170	1556	+6	2099	+15
	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	390	-193	1360	-191	1951	-134
НСР ₀₅	вариантов	101	–	277	–	271	–
	фактора А	59	–	160	–	156	–
	фактора В	51	–	138	–	F _Ф <F ₀₅	–

В фазе цветения при внесении дозы N₃₀P₃₀ увеличивалось число клубеньков у сортов Вита и Вилана бета на 229 и 331 шт./м² (17,9 и 25,2 %) соответственно. А у сортов Славия и



Ирбис число клубеньков снижалось в вариантах с припосевным внесением удобрений на 285–396 и 253–323 шт./м² (13,4–18,6 и 17,0–21,7 %) по сравнению с контролем. В среднем по изучаемым сортам к этой фазе при внесении N₃₀P₃₀S₂₁ число клубеньков снижалось на 191 шт./м² по сравнению с контролем и на 197 шт./м² по сравнению с дозой N₃₀P₃₀.

В фазе налива семян влияние минеральных удобрений, внесенных при посеве, на число клубеньков на корнях сои было менее выраженным по сравнению с другими фазами. У сорта Ирбис число клубеньков было существенно выше контроля при внесении N₃₀P₃₀S₂₁ на 322 шт./м² (12,9 %), а у сорта Вита меньше на 271 шт./м² (15,4 %). У сорта Славия минеральные удобрения способствовали формированию большего числа клубеньков по сравнению с контролем на 106–253 шт./м² (6,1–14,5 %). А в среднем по сортам припосевное внесение удобрений не оказывало достоверного влияния на формирование клубеньков.

В условиях 2021–2022 гг. наблюдались сортовые особенности динамики образования клубеньков на корнях сои. У сортов Вита и Славия к фазе цветения образовалось соответственно 91,1 и 101,6 % клубеньков от их числа в фазе налива семян, а у сортов Ирбис и Вилана бета только 50,3 и 62,5 %. Это свидетельствует о том, что очень ранний сорт Вита и ранний сорт Славия завершают активное развитие симбиотического аппарата к фазе бобообразования, а ранний высокобелковый сорт Ирбис и среднеранний сорт Вилана бета продолжают формировать клубеньки на корнях до налива семян.

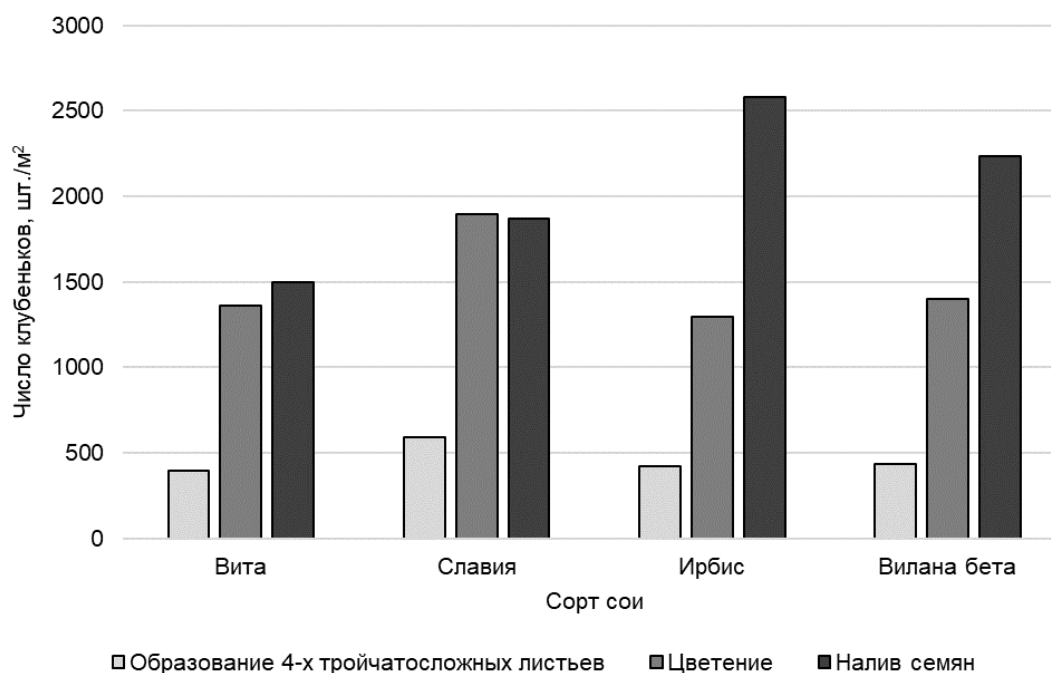


Рисунок – Изменение числа клубеньков на корнях сои сортов разных групп спелости по фазам вегетации (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, среднее за 2021–2022 гг.)

Заключение. В результате проведенных в 2021–2022 гг. исследований установлено, что симбиотический аппарат у сортов сои разных групп спелости (Вита, Славия, Ирбис и Вилана бета) отличался по реакции на внесение минеральных удобрений при посеве в дозах N₃₀P₃₀ и N₃₀P₃₀S₂₁. В фазе образования 4-го тройчатосложного листа у сортов Славия и Вилана бета масса и число клубеньков на корнях при внесении удобрений было достоверно ниже, чем в контроле без удобрений. В фазе цветения количество клубеньков на корнях у сортов Славия и Ирбис также было существенно меньше контроля в вариантах с припосевным внесением удобрений. К фазе налива семян не выявлено достоверного отрицательного действия минеральных удобрений на формирование симбиотического аппарата. Также установлено,



что у сортов Вита и Славия большая часть клубеньков образовалась к фазе цветения, а у Ирбиса и Виланы бета увеличение числа клубеньков продолжалось до фазы налива семян.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук Тишкову Н.М. за помощь и советы при проведении исследования.

Литература

1. Баранов В.Ф., Ширинян О.М. Специфика применения минеральных удобрений под сою // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукомца. Краснодар, 2005. С. 183–192.
2. Xia X., Ch. Ma, Sh. Dong, Y. Xu & Zhenping Gong Effects of nitrogen concentrations on nodulation and nitrogenase activity in dual root systems of soybean plants // Soil Science and Plant Nutrition. 2017. 63:5. P. 470–482.
3. Gai Z. Zhang, C. Li Effects of starter nitrogen fertilizer on soybean root activity, leaf photosynthesis and grain yield // PLoS One. 2017. 12 (4). 0174841.
4. La Menza N. C., Monzon J. P., Specht J. E., Grassini P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? // Field Crops Research. 2017. 213. p. 204–212.
5. Scilewski da Costa Zanatta, T. Phosphate Fertilizer and Growing Environment Change the Phytochemicals, Oil Quality, and Nutritional Composition of Roundup Ready Genetically Modified and Conventional Soybean / T. Scilewski da Costa Zanatta, R. Manica-Berto, C. D. Ferreira et al. // Food Chem. 2017. 65 (13). p. 2661–2669.
6. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика проведения агротехнических исследований с основными полевыми культурами. Краснодар, 2022. 538 с.
7. Инновационные технологии возделывания масличных культур / Под общ. ред. В. М. Лукомца. Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. 256 с.
8. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. 664 с.

FORMATION OF A SYMBIOTIC APPARATUS OF SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS WITH MINERAL FERTILIZER APPLICATION

Skarupa M.V.

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

In 2021–2022, we studied the effect of before-sowing application of mineral fertilizers in doses of $N_{30}P_{30}$ and $N_{30}P_{30}S_{21}$ on the leached chernozem of the central natural-climatic zone of the Krasnodar region on the formation of a symbiotic apparatus of soybean varieties of different maturity groups by vegetation phases. It was found that the applied mineral fertilizers slowed down the development of the symbiotic apparatus of the studied soybean varieties in the period from the formation of the 4th trifoliolate leaf to flowering. By the seed filling phase, no significant negative effect of mineral fertilizers on the formation of nodules was revealed.

Key words: soybean, symbiotic nitrogen fixation, mineral fertilizers, starter fertilizer.