

УДК: 633.34:631.816.32  
DOI 10.25230/conf13-2025-03-320

**ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА У СОРТОВ  
СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ**

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

В 2020–2022 гг. на черноземе выщелоченном центральной природно-климатической зоны Краснодарского края изучали влияние содержания минерального азота в почве прикорневой зоны растений на формирование симбиотического аппарата у сортов сои по фазам вегетации. Установлено, что у очень раннего сорта Вита при увеличении содержания минерального азота в почве снижается воздушно-сухая масса клубеньков на корнях только в



фазе образования 4-го тройчатосложного листа, у раннего сорта Славия – в период от образования 4-го тройчатосложного листа до фазы начало цветения, у сортов Ирбис и Вилана бета – только в начале цветения.

Ключевые слова: соя, симбиотическая азотфиксация, минеральный азот почвы

Введение. Развитие и функционирование симбиотического аппарата определяется генетическими особенностями сортов и видов, штаммов ризобий, типом почвы и её агрохимическими и агрофизическими характеристиками, гидротермическими условиями в течение вегетационного периода, предшествующей культурой в севообороте и прочими факторами. Сорта сои различаются по отзывчивости на азотные удобрения и способности к симбиотической азотфиксации, а штаммы ризобий, в свою очередь, различаются по реакции на геном растения-хозяина [1–6]. Поэтому целью наших исследований являлось изучить формирование симбиотического аппарата у сортов сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в динамике в зависимости от содержания минерального азота в почве.

Материалы и методы. Изучение динамики формирования симбиотического аппарата сои в зависимости от содержания минерального азота в почве прикорневой зоны проводили в полевом двухфакторном опыте на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (х. Октябрьский, г. Краснодар) в 2020–2022 гг. согласно «Методике проведения агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» [7].

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

Семена сои перед посевом инокулировали препаратом ХайКоут Супер Соя (1,42 л/т) с адьювантом ХайКоут Супер Экстендер (1,42 л/т). Посев широкорядный с междурядьями 70 см с одновременным внесением минеральных удобрений сеялкой «Gaspardo MT 8» по схеме (фактор В): 1. Контроль – без внесения удобрений; 2.  $N_{30}P_{30}$  (тукосмесь из аммофоса и аммиачной селитры); 3.  $N_{30}P_{30}S_{21}$  (сульфоаммофос марки 20:20(14)). Агротехника в опытах – рекомендованная для центральной природно-климатической зоны Краснодарского края [8]. Предшественник – озимая пшеница.

Для изучения динамики формирования симбиотического аппарата у изучаемых сортов по фазам вегетации растений (образование 4-го тройчатосложного листа (ВВСН 14), начало цветения (ВВСН 63), начало налива семян (ВВСН 75) отбирали монолиты почвы с растениями сои из второго или третьего рядка делянки с площади  $0,04 \text{ м}^2$  (20 x 20 см) и на глубину 20 см в трехкратной повторности. В монолитах учитывали воздушно-сухую массу клубеньков и отбирали образцы почвы прикорневой зоны растений, в которых определяли содержание обменного аммония с реактивом Несслера в вытяжке с 0,1 н. КСl и нитратного азота в суспензии 1 %-го раствора алюмокалиевых квасцов потенциометрическим методом [9]. Экспериментальные данные, полученные в опыте, оценивали методами корреляционного анализа [10].

Почва опытных участков – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоголистый на лёссовидной лёгкой глине. Перед посевом пахотный слой почвы (0–20 см) в годы исследований характеризовался слабокислой реакцией почвенного раствора ( $pH_{КСl} = 5,0–5,2$ ), средней нитрификационной способностью (11,2–13,5 мг/кг), средней и повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (18,0–37,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина) и повышенной обеспеченностью обменным калием (332,0–395,0 мг/кг в вытяжке по методу Мачигина).

Погодные условия вегетационного периода сои (с апреля по сентябрь) в 2020–2022 гг. существенно различались и оказывали влияние на рост и развитие растений сои. В 2020 и 2022 гг. общая сумма осадков за период апрель–сентябрь была меньше климатической нормы на 60,7 и 30,5 мм соответственно, в 2021 г. – больше на 79,1 мм, но характер их распределения был для сои в 2020 и 2022 гг. более благоприятным, чем в 2021 г. [11].

**Результаты и обсуждение.** При отборе монолитов в фазе образования 4-го тройчатосложного листа при припосевном внесении  $N_{30}P_{30}$  и  $N_{30}P_{30}S_{21}$  воздушно-сухая масса клубеньков на корнях уменьшалась по сравнению с контролем на 0,63 и 0,69 г/м<sup>2</sup> (43,1 и 47,0 %) соответственно дозе и в наибольшей степени у сортов Славия – на 1,34–1,36 г/м<sup>2</sup> (63,9–64,5 %) и Вилана бета – на 1,01–1,06 г/м<sup>2</sup> (60,8–63,7 %) (рис. 1). В фазе начало цветения показатель снижался при внесении удобрений в среднем на 1,16–1,21 г/м<sup>2</sup> (21,6–22,6 %), у сортов Славия – на 1,18–1,59 г/м<sup>2</sup> (19,1–25,7 %), Ирбис – на 1,30–2,08 г/м<sup>2</sup> (22,4–35,8 %) и Вилана бета – на 0,91–1,24 г/м<sup>2</sup> (19,1–26,1 %). В начале фазы налива семян масса клубеньков уменьшалась в вариантах с припосевным внесением удобрений в сравнении с контролем в среднем по сортам всего на 0,51–0,95 г/м<sup>2</sup> (5,1–9,6 %), у сорта Вилана бета – на 1,41–1,88 г/м<sup>2</sup> (12,0–16,0 %) и у сорта Ирбис при внесении  $N_{30}P_{30}$  – на 3,20 г/м<sup>2</sup> (23,8 %).

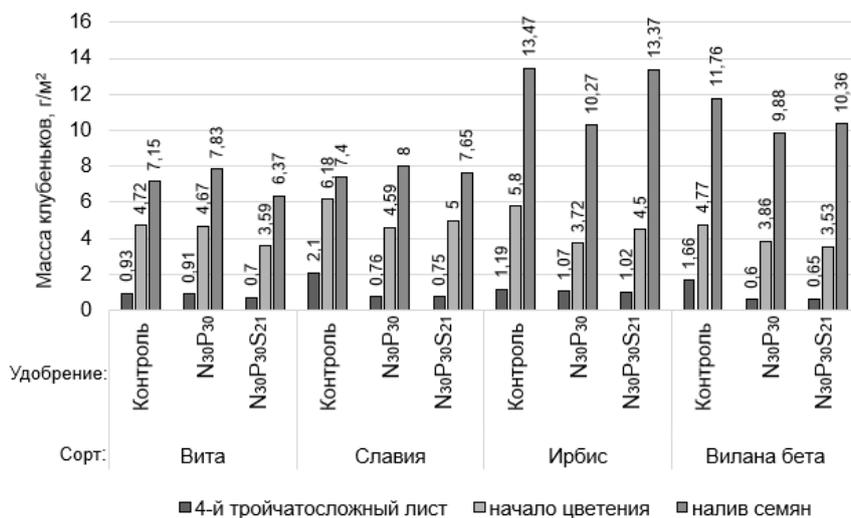


Рисунок 1 – Воздушно-сухая масса клубеньков на корнях сортов сои в слое 0–20 см по фазам вегетации при внесении удобрений при посеве

Сорта сои различались по динамике формирования симбиотического аппарата. Очень ранний сорт Вита и ранний сорт Славия характеризовались наиболее интенсивным ростом массы клубеньков на корнях к началу цветения (61–69 % от показателя в начале фазы налива семян). У раннего сорта Ирбис и среднераннего сорта Вилана бета доля накопленной массы клубеньков к фазе начало цветения составила по 38 % от показателей при отборе в начале фазы налива семян. Ранний высокобелковый сорт Ирбис характеризовался наибольшим накоплением в начале фазы налива семян сухой массы клубеньков (12,37 г/м<sup>2</sup>).

В фазе образования 4-го тройчатосложного листа наблюдалось наибольшее содержание минерального азота (сумма нитратной и аммонийной форм) в почве прикорневой зоны растений сои в опыте (43,3 мг/кг почвы), и в среднем показатель увеличивался при припосевном внесении  $N_{30}P_{30}$  на 19,1 мг/кг (70,3 %) и  $N_{30}P_{30}S_{21}$  на 29,6 мг/кг (108,9 %) по сравнению с контролем (рис. 2). К началу цветения содержание азота в почве прикорневой зоны растений сои, в среднем по сроку отбора, снижалось до 33,6 мг/кг почвы. В вариантах с внесением минеральных удобрений при посеве его количество в этой фазе было выше контроля на 10,4–13,4 мг/кг почвы (40,4–52,0 %). Самое низкое содержание азота в почве зафиксировано в начале фазы налива семян – 20,6 мг/кг почвы в среднем по сроку отбора, и незначительно повышалось с 19,9 мг/кг в контроле до 20,8–21,9 мг/кг.

Для установления реакции симбиотического аппарата изучаемых сортов сои на содержание минерального азота в почве прикорневой зоны растений в слое 0–20 см рассчитаны коэффициенты корреляции.

В фазе образования 4-го тройчатосложного листа установлена средняя отрицательная зависимость между содержанием минерального азота в почве прикорневой зоны и массой клубеньков у очень раннего сорта Вита с коэффициентом корреляции -0,588 и сильная отрицательная зависимость между этими показателями у раннего сорта Славия ( $r = -0,750$ ) при допустимом значении  $r = 0,396$  (рис. 3).

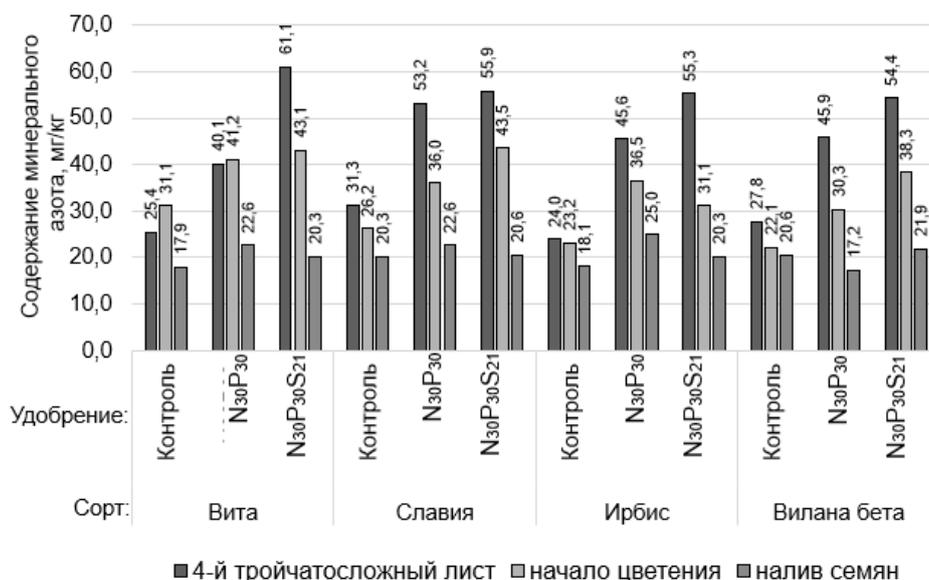


Рисунок 2 – Содержание минерального азота в почве прикорневой зоны сортов сои в слое 0–20 см по фазам вегетации при внесении удобрений при посеве (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, среднее за 2020–2022 гг.)

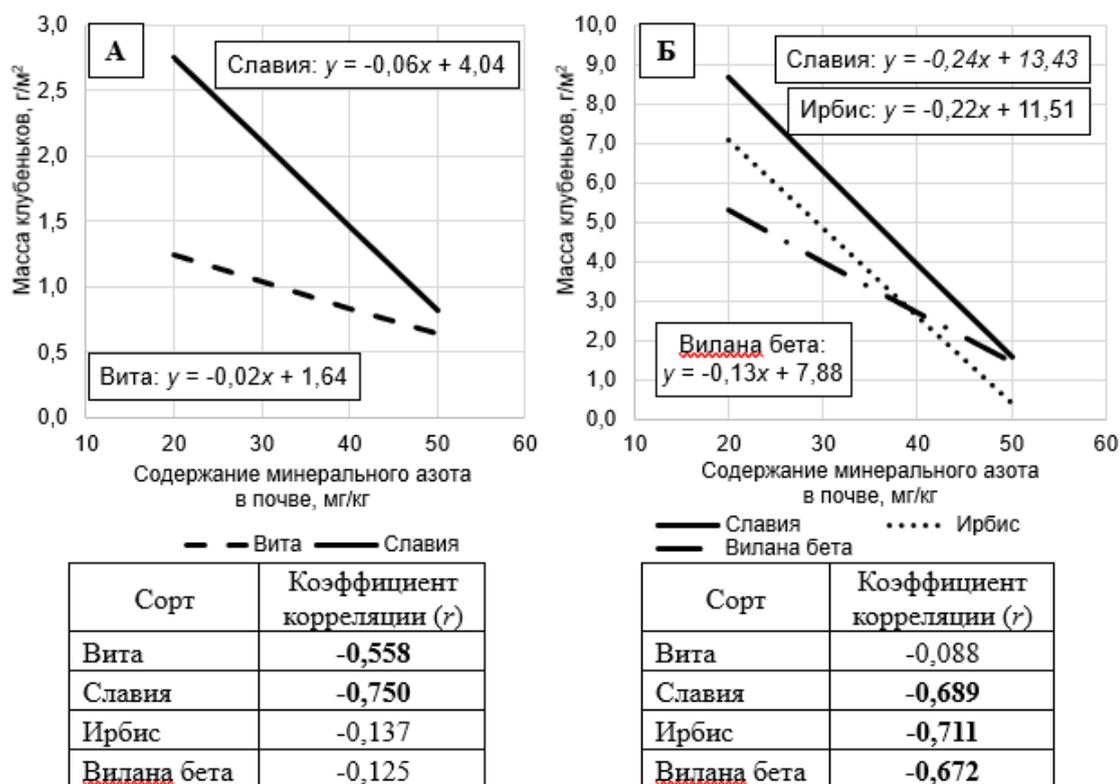


Рисунок 3 – Влияние содержания минерального азота (мг/кг) на воздушно-сухую массу клубеньков на корнях сортов сои при образовании 4-го тройчатосложного листа (А) и в начале цветения (Б) ( $df = 25$ ) (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, среднее за 2020–2022 гг.)

Симбиотический аппарат сортов Ирбис и Вилана бета в эту фазу вегетации слабо реагировал на содержание минерального азота в почве. К началу цветения увеличение содержания минерального азота в почве прикорневой зоны растений отрицательно влияло на формирование клубеньков на корнях сортов Славия, Ирбис и Вилана бета. В начале фазы

налива семян не установлено зависимости между изучаемыми показателями. Потребление соей элементов минерального питания из почвы, в том числе и азота, достигает максимума в фазе начало цветения и практически завершается к наступлению фазы налива семян, вследствие чего при последнем сроке отбора корреляция между содержанием минерального азота в почве и массой клубеньков на корнях отсутствует.

**Заключение.** Выявлена сортовая специфика формирования симбиотического аппарата у сои в зависимости от содержания в почве прикорневой зоны растений минерального азота. У очень раннего сорта Вита при увеличении количества минерального азота в почве снижается воздушно-сухая масса клубеньков на корнях только в фазе образования 4-го тройчатосложного листа. У раннего сорта Славия ингибирующий эффект минерального азота на симбиотический аппарат проявлялся в период от образования 4-го тройчатосложного листа до фазы начало цветения. У сортов Ирбис и Вилана бета обратная зависимость между содержанием минерального азота в почве и массой клубеньков проявлялась только в начале цветения.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук Тишкову Н.М., академику РАН Тильбе В.А. и кандидату сельскохозяйственных наук Махонину В.Л. за помощь и советы при проведении исследования.

### Литература

1. Баранов В.Ф., Уго Аламиро Того Корреа Сортовая специфика возделывания сои; под общ. ред. В. М. Лукомца. – Краснодар, 2007. – 184 с.
2. Грицина В.Г. Влияние органических и минеральных удобрений на симбиотическую активность сортов сои // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сборник докладов международной науч.-практ. конф. (Курск, 21 апреля 2017 г.). – Курск: Изд-во ООО «ТОП», 2017. – С. 115–117.
3. Кузьмин М.С., Шелевой Г.К. Отзывчивость различных сортов сои на удобрения // Соя в Приамурье. – Благовещенск, 1975. – С. 131–135.
4. Доросинский Л.М., Афанасьева Л.М., Рубинштейн Г.В. Симбиотическая фиксация атмосферного азота инокулированной соей // Агробиология. – 1973. – № 8. – С. 81–89.
5. Посыпанов Г.С. Основные направления исследований по симбиотической азотфиксации // Изв. ТСХА. – 1988. – Вып. 5. – С. 101–110.
6. Sadras V.O., Lake L., Li Y., Farquharson E.A., Sutton T. Phenotypic plasticity and its genetic regulation for yield, nitrogen fixation and  $\delta^{13}C$  in chickpea crops under varying water regimes // Journal of Experimental Botany. – 2016. – № 67. – pp. 4339–4351.
7. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика проведения агротехнических исследований с основными полевыми культурами. – Краснодар, 2022. – 538 с.
8. Инновационные технологии возделывания масличных культур / под общ. ред. В.М. Лукомца. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2017. – 256 с.
9. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большева Т.Н. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие; под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
10. Шеуджен А.Х. Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 659 с.
11. Шкарупа М.В. Урожайность и качество урожая сортов сои разных групп спелости при припосевном внесении минеральных удобрений в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края // Масличные культуры. – 2023. – № 3 (195). – С. 40–47.

### **DYNAMICS OF SYMBIOTIC APPARATUS FORMATION IN SOYBEAN VARIETIES DEPENDING ON MINERAL NITROGEN CONTENT IN SOIL**

**Shkarupa M.V.**

In 2020-2022, the influence of mineral nitrogen content in the soil of the root zone of plants on the formation of symbiotic apparatus in soybean varieties by growth stages was studied on



leached chernozem in the central natural and climatic zone of the Krasnodar region. It was found that in the very early variety Vita with the increase of mineral nitrogen content in the soil air-dry mass of nodules on roots decreases only at the stage of formation of the 4th tricomponent leaf, in the early variety Slavia - in the period from the formation of the 4th tricomponent leaf to the stage of the beginning of flowering, in the varieties Irbis and Vilana beta - only at the beginning of flowering.

Key words: soybean, symbiotic nitrogen fixation, mineral soil nitrogen