

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ ПОДКОРМОК НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОИ

**Н.Ф. Балабанова, к.с.-х. н., Н.А. Воронкова, д.с.-х. н., В.А. Волкова, к.с.-х. н.,
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26, natascha.balabanowa@mail.ru**

Исследования по оптимизации минерального питания сои проводились в 2021–2023 г. в лесостепной зоне юга Западной Сибири в многолетнем (более 30 лет) стационарном опыте. Почва опытного участка – лугово-чернозёмная среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая. Опыт двухфакторный: фактор А – варианты внесения минеральных удобрений: 1) без удобрений; 2) N₃₀P₃₀; фактор В – азотная подкормка в фазе начала образования бобов: 1) N₀; 2) N₁₀; 3) N₂₀. В опыте проводили оценку влияния изучаемых факторов на формирование симбиотического аппарата растений сои, содержание, вынос и расход валового азота, белка в семенах, урожайность культуры и ее структурный анализ. Установлено, что урожайность существенно (до 22%) увеличивалась при основном внесении удобрений, при применении некорневой азотной подкормки сои в фазе начала образования бобов отмечалась тенденция к повышению продуктивности культуры. Выявлено, что урожайность сои в большей степени определялась массой зерна, числом бобов с одного растения и массой 1000 семян. Подкормка по вегетации N₁₀ обеспечила рост содержания белка в семенах на 1,1% и его сбор на 261 кг/га в сравнении с вариантом без применения удобрений.

Ключевые слова: соя, минеральные удобрения, азотные подкормки, урожайность, качество, белок.

Для цитирования: Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Волкова В.А. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество семян сои// Плодородие. – 2025. – №6. – С. 35-38. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.06.

Корректировку минерального питания растений в течение вегетационного периода можно осуществить с помощью некорневых подкормок. Широкий ассортимент макро- и микроудобрений, различающихся по качественному и количественному составу, позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант, обеспечивающий получение стабильно высоких урожаев хорошего качества. На основе многочисленных исследований установлено, что применение этого агроприёма оказывает влияние на метаболизм в растениях, активизируя основные физиолого-биохимические процессы (фотосинтез, дыхание, корневое питание и т.д.), повышает резистентность растений к экологическим условиям внешней среды, что в конечном итоге положительно сказывается на урожайности и качестве растениеводческой продукции [1, 2].

Опрыскивание листовой поверхности удобрениями позволяет преодолеть такие возможные отрицательные явления как выщелачивание элементов питания в почве, антагонизм ионов, влияние абиотических факторов на активность корневой системы [3, 4]. Питательные вещества при некорневой подкормке распределяются в большей части на листовом аппарате, они попадают непосредственно в ткани органа растения, который использует их для синтеза веществ. Технологическое решение этого агроприёма выполняют наземными опрыскивателями или с помощью авиации.

Исследованиями по изучению удобрения сои с помощью подкормок занимались многие ученые, используя для решения этой задачи макро- и микроудобрения. При возделывании сои в Республике Чувашия на темно-серой почве изучали [5] действие некорневых подкормок хелатными микроудобрениями на нодуляцию и урожайность культуры. Было установлено, что при подкормке растений в фазе цветения урожайность семян увеличивалась до 0,47-0,50 т/га, а количество клубеньков с симбиотическими азотфиксирующими бактериями на корнях сои – на 16-85% к контролю. Исследования, проведенные в Центральном Нечерноземье на дерново-подзолистой почве с использованием для некорневой

подкормки бора, молибдена показали высокую эффективность последних. Количество бобов и семян на одном растении увеличилось на 29 и 40% соответственно [6]. Эффективность использования ранее упомянутых приемов оптимизации минерального питания сои у большинства ученых не вызывает сомнения, тогда как вопрос о необходимости применения азотных удобрений остается дискуссионным. Почвенно-климатические условия Омской области являются удовлетворительными для возделывания раннеспелых сортов сои, что установлено исследованиями сибирских учёных [7, 8].

Цель исследования – изучить влияние азотных подкормок на урожайность и качество семян сои.

Методика. Полевой эксперимент был проведен в 2021–2023 г. на базе лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ» в стационарном опыте в южной лесостепи Западной Сибири на основе пятипольного зернопарового севооборота: 1 – чистый пар; 2 – яровая пшеница; 3 – соя; 4 – яровая пшеница; 5 – ячмень. Объект исследования – растения сои. Сорт Сибириада зернового направления относится к маньчжурскому подвиду, устойчив к болезням, скороспелый, продолжительность вегетационного периода 105 сут.

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднемошная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 6,3-6,5 % (по Тюрину), рН 6,5-6,7, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) 101–120 и 350–420 мг/кг соответственно. Обеспеченность растений сои нитратным азотом перед закладкой эксперимента была средней (по Кочергину) – 10,1-12,2 мг/кг почвы.

Климат Омской области характеризуется резкой континентальностью, малым количеством осадков, сухим воздухом, длинной холодной зимой и теплым коротким летом. Продолжительность вегетационного периода 155–165 дней. Общая температура в теплый период года составляет в среднем 1500–1700°C. Годовое количество осадков – 320–370 мм. Летом (при температуре выше 5°C) выпадает 160–210 мм осадков. Весной и летом осадки нерегулярные и очень неравномерные.

Погодные условия вегетационных периодов 2021-2023 г. характеризовались недостаточным и неравномерным увлажнением. ГТК за май-август в среднем составлял 0,76, 0,80, 0,79 ед. при норме 1,0 ед.

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений на сою проводили в двухфакторном опыте: фактор А – варианты внесения минеральных удобрений: 1) без удобрений (контроль); 2) $N_{30}P_{30}$; фактор В – азотная подкормка в фазе начала образования бобов: 1) N_0 ; 2) N_{10} ; 3) N_{20} . Площадь делянки 2 x 8 м (16 м^2), расположение делянок систематическое. Повторность трехкратная. Норма высева сои – 1,0 млн всхожих семян/га.

В качестве удобрений использовали аммофос и аммиачную селитру, которые вносили перед посевом на глубину 6-8 см под предпосевную культивацию. Посев сои в оптимальные для зоны сроки (18-20 мая). Некорневую азотную подкормку карбамидом проводили из расчета 200 л/га. Урожайность учитывали прямым комбайнированием Wintersteiger Quantum plus с приведением ее к 100%-ной чистоте и 14%-ной влажности. Белок, жир в семенах сои определяли на инфракрасном анализаторе ИНФРАЛЮМ ФТ12. Учет симбиотической активности осуществляли расчетом количества и массы клубеньков на корнях сои с 10 растений из четырех повторностей в фазе начала образования лопаток [9]. Результаты обработаны статистически методами дисперсионного и корреляционного анализов.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что соя в условиях южной лесостепи на лугово-черноземной почве достаточно хорошо отзывалась на применение минеральных удобрений, урожайность семян при этом увеличилась на 0,16-0,58 т/га (табл. 1). Однако следует отметить, что способ внесения удобрения определял их эффективность.

Основное внесение удобрений в дозе $N_{30}P_{30}$ обеспечило повышение урожайности семян сои, на 12-22% превышая неудобренный вариант. Причем уровень прибавки от этого агроприема закономерно снижался по мере увеличения дозы азотной подкормки. Если в варианте $N_{30}P_{30} + N_{10}$ дополнительно получена прибавка семян сои, то при внесении $N_{30}P_{30}$ с подкормкой азотом N_{20} она снизилась в 1,8 раз. В среднем по фактору А урожайность зерна сои увеличилась на 0,37 т/га с достаточно хорошей окупаемостью 1 кг д.в. удобрения – 6,6 кг семян.

1. Влияние удобрений на урожайность семян сои, т/га

| Вариант | | Урожайность | Прибавка от фактора | | В среднем по фактору | |
|-------------------|----------|-------------|---------------------|------|----------------------|------|
| Фактор А | Фактор В | | А | В | А | В |
| 0 | N_0 | 2,01 | - | - | 2,12 | 2,24 |
| | N_{10} | 2,17 | - | 0,16 | | 2,38 |
| | N_{20} | 2,17 | - | 0,16 | | 2,30 |
| $N_{30}P_{30}$ | N_0 | 2,46 | 0,45 | - | 2,49 | |
| | N_{10} | 2,59 | 0,42 | 0,13 | | |
| | N_{20} | 2,42 | 0,25 | - | | |
| НСР ₀₅ | | 0,21 | 0,17 | 0,19 | | |

Вопросу эффективности азотных подкормок зернобобовых культур посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей [1, 10]. По данным [11], поздние некорневые подкормки оказали положительное влияние на фотосинтетическую продуктивность, биологический урожай, дополнительно получено 0,12-0,25 т/га семян, синтез белка, содержание его в семенах

увеличилось на 1,3% абс. ед. В наших исследованиях при подкормке сои азотом в фазе начала образования бобов наблюдалась тенденция к повышению урожайности семян культуры, прибавка не превысила 0,16 т/га. Отмечена определенная реакция сои на подкормку: при повышении дозы свыше 10 кг д.в./га рост урожайности не наблюдали. На минеральном фоне достоверного увеличения урожайности культуры в вариантах применения азотных подкормок в сравнении с $N_{30}P_{30} + N_0$ не отмечено. Слабая реакция растений сои на азотную подкормку при возделывании её на минеральном фоне объясняется, прежде всего, достаточной обеспеченностью растений азотным питанием за счет основного внесения удобрения и симбиотрофного питания.

Определение симбиотической активности растений сои в контрольном варианте показало, что при выращивании её на полях, где ранее она высевалась инокулированными семенами, на корнях наблюдали образование и рост клубеньков. Исследования, проведенные в Омской области [7], свидетельствуют, что данной аборигенной микрофлоры в региональных почвах нет. Важно отметить, что клубеньковые бактерии, ранее занесенные в почву, хорошо переносят суровые условия сибирского климата и обеспечивают нодуляцию растений сои сортов сибирской селекции. В неудобренном варианте на корнях растений насчитывалось 370 клубеньков массой 3,7 г. При внесении удобрений ($N_{30}P_{30}$) наблюдалось увеличение массы клубеньков и их числа в сравнении с контрольным вариантом – на 38 и 22% соответственно. Применение этой дозы удобрений экспериментально обосновано, так как при симбиотическом типе азотного питания при внесении стартовой дозы N_{30} устраняется недостаток этого элемента в начальный период роста и развития до начала активной азотфиксации [7, 12]. В исследованиях [13] получены аналогичные закономерности: фотосинтетическая продуктивность посевов и семенная зависели от активности симбиотического аппарата. В наших исследованиях урожайность сои возросла на 22%.

Корректировка азотного питания сои с помощью азотных подкормок выявила, что содержание валового азота в семенах существенно не изменялось по вариантам опыта, вынос его определялся в большей степени урожайностью семян и расход азота на создание 1 т урожайная был в пределах 73,1-73,5 кг (табл. 2).

2. Содержание, вынос и расход азота растениями сои с учетом побочной продукции

| Вариант | | Содержание валового азота в семенах, % | Общий вынос азота, кг/т | Расход азота, кг/т семян |
|-------------------|----------|--|-------------------------|--------------------------|
| Фактор А | фактор В | | | |
| 0 | N_0 | 6,50 | 143,8 | 71,5 |
| | N_{10} | 6,67 | 158,6 | 73,2 |
| | N_{20} | 6,66 | 179,8 | 73,1 |
| $N_{30}P_{30}$ | N_0 | 6,66 | 179,8 | 73,1 |
| | N_{10} | 6,66 | 189,4 | 73,1 |
| | N_{20} | 6,70 | 177,9 | 73,5 |
| НСР ₀₅ | | | Fф<Fт | |

Выявлено, что подкормка растений азотом способствовала более рациональному использованию почвенных запасов азота. Расчет коэффициента использования из почвы (КИП) азота, показал, что в контрольном варианте КИП составлял 59%, тогда как в вариантах с подкормками азотом – 65%.

Основой для включения в схему опыта некорневой подкормки азотными удобрениями растений сои было увеличение содержания белка в семенах. В исследованиях установлено, что его содержание во всех вариантах было высоким (табл. 3).

Из всех изучаемых вариантов оптимизации минерального питания сои, существенно (на 1,1% абс. ед.) содержание белка увеличилось только при некорневой подкормке N₁₀ на естественном фоне плодородия. В среднем по фактору А и В можно отметить тенденцию к повышению белковости семян сои. Наибольший сбор белка получен в варианте N₃₀P₃₀+ N₁₀, который был на 261,3 кг/га (или 32%) выше, чем в контрольном варианте.

3. Влияние азотных подкормок на содержание белка в семенах сои (в среднем за 2022-2023 г.)

| Вариант | | Содержание белка, % | Сбор белка, кг/га | В среднем по фактору | |
|---------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------------|------|
| Фактор А | фактор В | | | А | В |
| 0 | N ₀ | 40,6 | 816 | 41,3 | 41,1 |
| | N ₁₀ | 41,7 | 905 | | 41,6 |
| | N ₂₀ | 41,6 | 903 | | 41,8 |
| N ₃₀ P ₃₀ | N ₀ | 41,6 | 1023 | 41,7 | |
| | N ₁₀ | 41,6 | 1077 | | |
| | N ₂₀ | 41,9 | 1014 | | |
| НСР ₀₅ | | 0,87 | 124 | | |

Структурный анализ урожая сои показал, что определяющими элементами урожайности культуры были: масса зерна с одного растения, число бобов на одном растении и масса 1000 семян (табл. 4). Корреляционная связь урожайности с этими элементами тесная (r = 0,79-0,96).

4. Влияние азотных подкормок на структуру урожая сои

| Вариант | | Масса зерна с 1 растения, г | Число бобов на 1 растении | Масса 1000 семян, г | Высота растения, см |
|---------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| фактор А | фактор В | | | | |
| 0 | N ₀ | 2,0 | 8 | 128,1 | 49 |
| | N ₁₀ | 2,0 | 8 | 127,0 | 54 |
| | N ₂₀ | 1,8 | 7 | 130,2 | 48 |
| N ₃₀ P ₃₀ | N ₀ | 2,4 | 11 | 138,5 | 48 |
| | N ₁₀ | 2,7 | 12 | 139,0 | 50 |
| | N ₂₀ | 2,4 | 8 | 137,3 | 50 |
| НСР ₀₅ | | 0,8 | 4 | 18,2 | 7 |

Комплексное применение минеральных удобрений увеличило массу зерна с одного растения на 0,4 и 0,7 г, число бобов на одном растении на 3 и 4 массу 1000 семян на 10,4 и 10,9 г. Применение азотной подкормки в дозе N₁₀ обеспечивало положительную тенденцию к повышению этих элементов структуры сои.

Мнение одних ученых, что применение азота при возделывании сои исключено, основано на том, что потребность растений в этом макроэлементе реализуется через симбиотрофное питание, другие авторы рекомендуют применение «стартовой» дозы азотных удобрений (N₃₀) для улучшения азотного питания в начальный период онтогенеза, а также в условиях низкой эффективности азотфиксации [7, 14]. Исследования [15], проведенные на дерново-подзолистой песчаной почве опытного поля Калужского филиала РГАУ-МСХА, доказывают эффективность основного внесения N₆₀, а подкормки азотными удобрениями, так же как и увеличение дозы азота свыше 90 кг. д.в./га, негативно влияют на переход растения на симбиотрофный тип питания. Ученые ВНИИ малых культур доказали, что при неблагоприятных

абиотических условиях (засуха, переувлажнение, кислотность и другие факторы), ингибирующих развитие клубеньков, некорневая подкормка азотом в дозе 20-30 кг/га эффективна [16]. Получены аналогичные результаты, что подкормка растений сои карбамидом в период вегетации повышала устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [17].

Наши исследования являются продолжением работы по оптимизации минерального питания сои и доказывают эффективность комплексного применения минеральных (азотных и фосфорных) удобрений, обеспечивающего существенный рост ее продуктивности. Некорневая азотная подкормка в дозе N₁₀ способствует увеличению содержания белка в семенах сои.

Заключение. Проведенными исследованиями установлено, что только при основном внесении минеральных удобрений (N₃₀P₃₀) существенно (до 22%) увеличивается урожайность культуры за счет повышения массы зерна и числа бобов с одного растения, массы 1000 семян. Некорневая подкормка растений сои в фазе начала образования бобов увеличила использование азота из почвы на 6% и содержание белка в зерне на 1,1%. Комплексное применение N₃₀P₃₀+ N₁₀ обеспечило получение максимальных урожайности культуры (2,59 т/га) и сбора белка с 1 га (1077 кг).

Литература

1. Васильчиков А.Г., Семенов А.С., Зотиков В.И. Повышение урожайности новых сортов сои путем применения корректирующих подкормок // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 4 (60) – С. 15–19.
2. Маржохова М. Х., Кашикуев М. В. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями (обзор) // Масличные культуры. – 2022. – № 2(190). – С. 77-88.
3. Осипов А. И., Якушев В. П., Якушев В. В. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 73–80.
4. Бельшикина М. Е., Кобозева Т. П., Гуреева Е. В. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 9. – С. 4–9.
5. Казанцев В. П., Кузнецов А. И. Влияние некорневого внесения микроудобрений марки ЖУСС на формирование клубеньков и урожайность сои // Вестник Казанского ГАУ. – № 3 (17) – 2010. – С. 113–115.
6. Rakhimova O. V., Khramov V. K., Sikharulidze T. D., Yudina I. N. Influence of nitrogen fertilizers on protein productivity of vetch-wheat grain under different water supply conditions // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2021. – Vol. 19. – №. 5. – P. 951–954
7. Воронкова Н. А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышении продуктивности агроценозов Западной Сибири. – Омск, 2014. – 188 с.
8. Асанов А. М., Омелянюк Л. В., Бойко В. С., Тимохин А. Ю. Отзывчивость сортов сои на орошение в степи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 7 (184). – С. 52–61.
9. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справ. пособие. – М.: Агропромиздат., 1991. – 300 с.
10. Taylor S. R., Weaver B. D., Wood W. C., Edzard S. V. Nitrogen application increases yield and early dry matter accumulation in late-planted soybean // Crop Science. – 2005. – V. 45 (3). – P. 854–858.
11. Дозоров А.В., Костин О.В. Оптимизация производственного процесса гороха и сои в условиях лесостепи Поволжья. – Ульяновск, 2003. – 166 с.
12. Mbah G. C., Dakora F. D. Nitrate inhibition of N-2 fixation and its effect on micronutrient accumulation in shoots of soybean (*Glycine max* L. Merr.), Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Vede) and Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms.) // Symbiosis. – 2018. – Vol. 75. – №. 3. PP. 205–216.
13. Тильба В. А., Синеговская В. Т. Роль симбиотической азотфиксации в повышении фотосинтетической продуктивности сои // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 5. – С. 16–18.
14. Синеговская В. Т., Ануфриева И. В., Урюпина А. А. Влияние обеспеченности растений минеральным азотом на развитие симбиотического аппарата и урожайность сои // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 6. – С. 28–32.

15. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К., Гуреева Е. В. Влияние минерального питания на симбиотическую активность и белковую продуктивность сои в Нечерноземной зоне // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2. – С. 23–25.
16. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои / В.М. Лукомец [и др.]. – М., 2008. – 56 с.

17. Шупинская И. А., Самсонова Н. Е., Антонова Н. А. Влияние корневого и фоллиарного питания растений минеральными удобрениями и соединениями кремния на показатели фотосинтетической деятельности и урожайность зерна яровой пшеницы // Агрехимия. – 2017. – №2. – С. 11–18.

UDC: 631.846 635.655

INFLUENCE OF NITROGEN FEEDING ON YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

N.N. Balabanova, Cand. Agr. Schi,

N.A. Voronkova, Dr.Sci.Ag.,

V.A. Volkova Cand. Agr. Schi

*FSBT Omsk Agricultural Scientific Center, 644012, Russia,
Omsk, 26 Koroleva street e-mail: natascha.balabanowa@mail.ru*

Research on optimizing the mineral nutrition of soybeans was conducted in 2021-2023 in the forest-steppe zone of southern Western Siberia, in a long-term (more than 30 years) stationary experiment. The soil of the experimental site is meadow-chnozem medium-sized medium-humus heavy loamy. Two-factor experience: factor A – options for applying mineral fertilizers: 1) without fertilizers; 2) N30P30; factor B – nitrogen fertilization in the phase of the beginning of bean formation: 1) N0; 2) N10; 3) N20. In the experiment, the influence of the studied factors on the formation of the symbiotic apparatus of soybean plants, the content, removal and consumption of gross nitrogen, protein in seeds, crop yield and its structural analysis were evaluated. It was found that the yield increased significantly (up to 22%) with the main application of fertilizers; when using foliar nitrogen fertilization of soybeans in the phase of the beginning of bean formation, a tendency towards an increase in crop productivity was noted. It was revealed that the yield of soybeans was largely determined by the weight of the grain, the number of beans per plant and the weight of a thousand seeds. Top dressing with N10 during vegetation provided an increase in the share of biological nitrogen in the total removal and an increase in its use from the soil (by 6%), an increase in the protein content in seeds by 1.1% and its collection by 261 kg/ha compared to the option without the use of fertilizers.

Keywords: soybeans, mineral fertilizers, nitrogen fertilizing, yield, quality, protein.