



Известия Смоленского государственного университета

Ежеквартальный журнал
№ 2(22)

*Решением Президиума Высшей аттестационной комиссии
Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6 журнал
включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов
и изданий, в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук*

Смоленск
2013

Редакционный совет

Е.В. Козин (Смоленск, *председатель*), А.Г. Егоров (Смоленск, *зам. председателя*),
Н.А. Богомолов (Москва), В.Д. Будаев (Санкт-Петербург),
Х. Духхардт (Майнц, ФРГ), А.Л. Журавлёв (Москва),
Э.Г. Кирьяцкий (Вильнюс, Литва), В.И. Кузицин (Москва),
В.Я. Лыкова (Смоленск), К.В. Макаров (Москва),
М.А. Можейко (Минск, Республика Беларусь), Р. Маннинг (Бостон, США),
Н.И. Кузнецова (Москва), А.П. Сманцер (Минск, Республика Беларусь),
З.А. Харитончик (Минск, Республика Беларусь),
В.А. Холоднов (Санкт-Петербург), Е.А. Шмидт (Смоленск)

Редакционная коллегия

А.Г. Егоров (*гл. редактор*), И.В. Романова (*зам. гл. редактора*),
Р.В. Белютин (*отв. секретарь*), М.Ю. Гильденков, Э.А. Городниченко,
Ю.А. Грибер, С.П. Евдокимов, Ю.Е. Ивонин, О.В. Козлов,
Г.С. Меркин, В.И. Мищенко, Л.В. Павлова, К.М. Расулов, В.В. Селиванов,
Н.П. Сенченков, Г.Г. Сильницкий, А.В. Славин

Редакционно-издательский отдел

214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4,
Смоленский государственный университет
телефон: (4812)387508
E-mail: izwestija@smolgu.ru

- кривые спектральной чувствительности находятся в области 300...400 нм, остальное излучение оказывает на прорастание семян существенно меньшее действие;
- максимумы кривых чувствительности находятся на длинах волн 360...370 нм;
- чувствительности по всхожести и по длине проростков мало отличаются друг от друга.

S.V. Rybkina, M.V. Belyakov
Methodology of Determination of the Sensitivity Spectra
of Wood Plants Seeds

Key words: *seeds; spectral sensitivity; optical radiation.*

The technique of determination of seeds spectral sensitivity is provided. The spectra of seeds of wood plants are defined.

В.И. Кочурко, Е.Э. Абарова

Барановичский государственный университет
(Республика Беларусь)

УДК 633.34:575.224

УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ФОНОВ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Ключевые слова: *соя; азотфиксация; адаптивная технология; урожай; минеральный азот; сорт; клубеньки; симбиотическая активность; удобрения; симбиотрофный; семена; вариант; растение; фаза плодообразования; повышение продуктивности.*

В статье изложены результаты трехлетних исследований по определению оптимальных доз минерального азота в технологии возделывания сои на дерново-подзолистой супесчаной почве в южной зоне Республики Беларусь. Объектами исследований являлись районированные сорта сои Ясельда и Припятъ. Установлено, что наибольшая урожайность сортов сои в опытах получена на фоне азотных удобрений в дозе N_{45} и составила 2,3–2,9 т/га.

Ингибирование минеральным азотом азотофиксирующей способности в большей степени проявляется у сорта Ясельда, урожайность которого на 10,2% ниже сорта Припятъ.

В современном мире задача преодоления дефицита пищевого и кормового белка по-прежнему актуальна. По мнению Т.П. Кобозевой, один из возможных путей ее решения – это производство дешевого и полноценного

растительного белка сои, которая занимает четвертое место в мире после пшеницы, кукурузы и риса и первое среди зерновых бобовых культур, а темпы роста ее производства опережают все другие культуры. По биологической ценности белок сои занимает одно из первых мест среди других культур, ее семена содержат 17...27% масла и 35...55% белка. Велико значение сои как бобовой культуры в развитии альтернативного земледелия с использованием технологий, направленных на сохранение плодородия почвы и экономию затрат на азотные удобрения. Соя отличается пластичностью, что позволяет возделывать ее от 42-й параллели Южного полушария до 54-й параллели Северного [14].

Данные разных исследователей, обобщенные Т.Ф. Персиковой [10, с. 17–20], свидетельствуют о значительной азотфиксирующей способности сои, позволяющей в определенной мере удовлетворять повышенные потребности в азоте.

Так, одни авторы [9] отмечают, что при благоприятных условиях соя фиксирует из воздуха от 50 до 70% необходимого азота, накапливая при этом 30–50 кг/га его в почве, другие [3] показывают, что за счет азотфиксации клубеньковых микроорганизмов растения сои могут покрывать 1/2–2/3 расхода азота на построение органического вещества. Расчеты подтверждают: за счет симбиоза из атмосферы соя усваивает 126,7 кг/га или 49,2% азота [12]. В некоторых экспериментах [5] на азотфиксацию приходилось 66–77% от общего усвоенного соей азота. В процессе исследований [15] также установлено, что коэффициент азотфиксации у сои зависел от условий питания: без инокуляции он наименьший – 0,39, применение фосфорных удобрений и ризоторфина повышает его до 0,51, от микроэлементов коэффициент азотфиксации возрастает до 0,54–0,61, азотные удобрения резко его снижали.

Многие исследователи указывают на большую потребность растений сои в азоте, что объясняется, прежде всего, высоким содержанием белка. Удовлетворить такую потребность за счет минерального азота во все фазы развития невозможно [3; 5; 9; 12; 13].

Дискуссионен вопрос о влиянии минеральных удобрений на процесс симбиотической азотфиксации сои. По данным ряда экспериментов, азотные удобрения угнетают, а фосфорные и калийные – стимулируют процессы образования и жизнедеятельности клубеньков [8; 13]. По мнению авторов [4; 16], азотные удобрения снижали количество и сухую массу клубеньков тем сильнее, чем больше была доза применяемого азота. Причем умеренные дозы азота не угнетали клубеньковые бактерии.

По некоторым данным [11] определено, что угнетающее действие минерального азота сильно проявилось только в первый период развития растений сои. С другой стороны [2], даже небольшие дозы азота (30 кг/га) задерживают образование клубеньков, а при высоком содержании минерального азота образование клубеньков и нитрогеназная активность уменьшаются. Глубокое (20 см) внесение азотного удобрения (гранулиро-

ванной мочевины) в отличие от обычного поверхностного не снижает азотфиксацию [8]. Интересны исследования [7; 8], которые показали, что дробное внесение минеральных удобрений в подкормки не вызывает заметного угнетения клубеньковых бактерий.

Таким образом, как указывает А.А. Бабич [1], «правильная система удобрения сои усиливает симбиотическую фиксацию азота, является важнейшим путем вовлечения этого дефицитного элемента питания растений в биологический круговорот».

Адаптивная технология возделывания сои в Беларуси в настоящее время находится на стадии разработки. По результатам мониторинга и анализа существующей на современном этапе технологии возделывания сои в хозяйствах республики не используется ряд потенциально важных элементов, обеспечивающих повышение продуктивности и темпов созревания сои, одним из которых является азотное питание.

В связи с вышеизложенным целью наших исследований было установить оптимальные дозы минерального азота в технологии возделывания сои в южной зоне Республики Беларусь.

Для решения поставленных задач на опытном поле учебного хозяйства обособленного структурного подразделения «Ляховичский государственный аграрный колледж» учреждения образования «Барановичский государственный университет» в 2009–2011 годах были заложены полевые опыты, включающие варианты исследований с различным диапазоном доз минерального азота. Повторность опыта – четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное, учетная площадь делянки – 25 м². Почва участка – дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая мореной, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,0–2,2%, подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 276–395, калия (K₂O) – 200–319 мг/кг (по Кирсанову), рН(KCl) – 5,86–6,0. Рельеф выровненный. Предшественник – озимые зерновые. Высевали районированные сорта сои Ясельда и Припять. Обработка почвы – согласно отраслевому регламенту, общепринятая. Фосфорно-калийные удобрения вносились с осени из расчета P₆₀K₈₀, в виде двойного суперфосфата и хлористого калия. Азотные удобрения в виде мочевины применяли в дозах: N₃₀, N₄₅, N₆₀, согласно схеме опыта под предпосевную обработку почвы. Семена обрабатывали ризоторфином из расчета 400 г на гектарную норму высева семян. Норма высева 400 тыс. всхожих зерен на гектар. Посев проводился в оптимальные сроки. В борьбе с сорной растительностью применяли гербицид пивот 100% в.к. (1,0 л/га) в фазу 2–3 листьев. Учет урожая – сплошной поделяночный.

Погодные условия в годы проведения исследований различались как температурой, так и условиями увлажнения в вегетационный период, что позволило выявить наиболее стабильные варианты исследований.

Соя, как и любая культура семейства бобовых, способна фиксировать нитратный азот воздуха, используя его для формирования урожая.

В зависимости от складывающихся погодных условий соя может накапливать до 50 кг/га биологического азота, покрывая максимально до 65% общего усвояемого азота, который расходуется на построение органического вещества. Поскольку симбиотрофный азот не в состоянии полностью обеспечить потребность культуры в этом элементе, возникает необходимость определения оптимальной дозы внесения минерального азота, при которой формируется максимальный урожай семян.

В наших исследованиях внесенный под предпосевную обработку почвы минеральный азот в дозах от 30 до 60 кг действующего вещества на 1 гектар оказал положительное влияние на рост и развитие изучаемых сортов. Наибольшая потребность в азоте отмечена в период от цветения до массового налива бобов, когда растения сои интенсивно его поглощают. Применение азотных удобрений положительно сказалось на формировании элементов структуры и урожая сои (табл. 1).

Таблица 1

Элементы структуры сои (среднее, 2009–2011 годы)

Доза азота, кг/га д.в./га	Количество бобов на 1 растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г
сорт Ясельда			
Контроль	8,6	2,0	113,4
N ₃₀	12,3	2,1	120,3
N ₄₅	14,8	2,1	129,2
N ₆₀	15,5	2,2	130,3
сорт Припять			
Контроль	12,6	2,0	111,3
N ₃₀	14,4	2,0	118,4
N ₄₅	15,4	2,1	124,4
N ₆₀	17,2	2,1	125,1

В среднем по опыту превышение урожая семян, полученных в 2011 году, по сравнению с 2009 годом, составило по сорту Ясельда 57,8%, по сорту Припять – 59%. Внесение азотных удобрений во все годы исследований обеспечивало достоверную прибавку урожая по сравнению с контрольным вариантом. Очевидно, это было связано с дефицитом в почве спонтанных азотфиксирующих бактерий, а также с сортовой спецификой культуры.

По мере увеличения доз минерального азота отмечено увеличение количества бобов в расчете на 1 растение: у сорта Ясельда – на 43,0–80,2%, у сорта Припять – на 14,2–36,5%. Взаимосвязь двух признаков положительная, прямо пропорциональная.

На количество семян в бобе сортовые особенности и дозы азота влияния не оказали. Данный признак стабилен и не подвержен влиянию изучаемых факторов.

Улучшение азотного питания повлекло за собой повышение массы 1000 семян: чем выше доза внесенного азота, тем крупнее формировались семена. Сорт Ясельда реагировал повышением массы 1000 семян на 6,0–14,9, сорт Припять на 6,3–12,3% по отношению к контрольному варианту. Это свидетельствует о том, что обсуждаемый показатель достаточно изменчив и варьирует в зависимости от особенностей сорта и изучаемых доз азота.

В среднем за годы исследований максимальный урожай семян сои получен из сорта Припять в варианте с внесением 45 кг/га д.в. азота – 2,87 т/га, у сорта Ясельда – 2,28 и 2,31 т/га на фоне N₄₅ и N₆₀ кг/га д.в. Увеличение урожайности на фоне N₆₀ у сорта Ясельда находится в пределах ошибки опыта (табл. 2).

При оценке сравнительной продуктивности изучаемых сортов сои установлено превалирование сорта Припять в сравнении с сортом Ясельда.

По годам исследований наблюдалось значительное варьирование урожайности сои. Погодные условия вегетационного периода 2009 года характеризовались повышенным увлажнением, ГТК за май – сентябрь составил 1,74, что на 48,7% превышает среднегодечный показатель. Наиболее благоприятным для роста и развития культуры оказался 2011 год, отличавшийся высокими температурами в период созревания сои.

Таблица 2

Урожайность сои в зависимости от доз азотных удобрений, т/га

Вариант	Год			В среднем за 2009–2011 годы
	2009	2010	2011	
сорт Ясельда				
Без азота (контроль)	1,05	1,59	1,69	1,44
N ₃₀	1,47	1,92	2,03	1,81
N ₄₅	1,71	2,34	2,80	2,28
N ₆₀	1,70	2,40	2,84	2,31
HCP ₀₅	0,09	0,09	0,04	
сорт Припять				
Без азота (контроль)	1,13	1,63	1,75	1,50
N ₃₀	1,53	1,96	2,24	1,91
N ₄₅	1,79	2,47	2,86	2,87
N ₆₀	1,68	2,51	2,90	2,36
HCP ₀₅	0,09	0,16	0,08	

Использование минеральных форм азота связано с активностью симбиотического аппарата сои. Образование клубеньков отмечалось на всех вариантах через 4–7 дней после всходов, а переход их в активное состояние – через 8 дней после образования. К этому времени в них образуется пигмент леггемоглобина, обеспечивающий освобождение энергии для фиксации азота воздуха. К фазе налива семян клубеньки достигали макси-

мального веса, а затем постепенно отмирали. Продолжительность общего симбиоза, от начала образования клубеньков до их полного лизиса, составила 55–72 дня. В наших исследованиях минеральный азот сдерживал образование симбиотического аппарата сои, что сопровождалось снижением количества и массы клубеньков в расчете на 1 растение (табл. 3).

Так, в контрольном варианте урожай сои формировался за счет почвенных запасов азота и азота, фиксированного клубеньковыми бактериями. Количество клубеньков, образовавшихся на растениях сои сорта Припять к фазе цветения, на 87,9% превышало сорт Ясельда, но к фазе плодообразования различия сократились и составили лишь 16%. Внесение минерального азота удобрений у обоих сортов сои в разные фазы развития негативно отражалось на количестве образующихся клубеньков. Сортовая реакция на увеличение азотного питания была различной. Так, у сорта Ясельда количество клубеньков в фазе цветения уменьшилось на 30,2% при внесении N₃₀ и на 45,7% – при дозе N₆₀. Снижение этого показателя к фазе плодообразования составило 15,1 и 52,8% соответственно. У сорта Ясельда наблюдается четкая закономерность снижения количества клубеньков с увеличением доз азота.

Таблица 3

Влияние доз азотных удобрений на изменение симбиотического аппарата растений сои (среднее, 2009–2011 годы)

Показатели	Сорт	Фаза развития*	Дозы азота, кг/га			
			N ₀	N ₃₀	N ₄₅	N ₆₀
Количество клубеньков, шт./раст.	Ясельда	1	11,6	8,1	7,2	6,3
		2	23,3	19,8	15,6	11,0
	Припять	1	21,8	15,3	15,4	15,7
		2	27,1	18,8	18,9	19,1
Масса клубеньков, мг/раст.	Ясельда	1	41,8	147	132	109
		2	1490	1057	800	450
	Припять	1	791	517	501	446
		2	1420	1030	1045	1060
Масса 1 клубенька, мг/раст.	Ясельда	1	36,0	18,1	18,3	17,3
		2	63,9	53,0	51,2	40,9
	Припять	1	36,3	33,8	32,5	28,4
		2	52,4	54,8	55,3	55,5

* Примечание: 1 – фаза цветения; 2 – фаза плодообразования.

Сорт Припять также снижает количество клубеньков под влиянием внесенного азота на 28,0–29,8% в фазе цветения и на 29,5–30,7% в фазе плодообразования, но это уменьшение не имело характер закономерности.

Ингибирование азотфиксирующей способности в большей степени проявляется у сорта Ясельда. Аналогичный характер симбиотической активности сортов проявляется по показателям массы одного клубенька и на одном растении. У обоих сортов этот показатель достигает максимума к фазе плодообразования. Необходимо отметить, что, несмотря на уменьше-

ние количества и массы клубеньков на растении у сорта Припять, масса 1 клубенька остается стабильной величиной, независимо от дозы внесенного азота, что говорит о высокой симбиотической активности этого сорта.

Количество фиксированного азота по вариантам опыта представлено в таблице 4.

Таблица 4

Поступление разных форм азота в растения сои в зависимости от доз минерального азота, кг/га (среднее, 2009–2011 годы)

Доза азота, кг/га д.в./га	Ясельда			Припять		
	N общий	N фиксирован.	%	N общий	N фиксирован.	%
N ₀	178	157	88,2	223	149	66,8
N ₃₀	192	98	51,0	240	85	35,4
N ₄₅	203	94	46,3	269	73	27,1
N ₆₀	280	70	25,0	336	20	6,0

Исходя из результатов наших исследований, соя сорта Припять способна более интенсивно накапливать общий азот (на 20,0–25,2% по сравнению с сортом Ясельда). Количество фиксированного азота в среднем за три года составило 149 кг/га у сорта Припять и 157 кг у сорта Ясельда. По отношению к общему количеству азота в контрольном варианте фиксированный азот достигает 66,8–88,2%.

Применение азотных удобрений способствовало уменьшению процесса азотфиксации у сорта Ясельда на 37,2–63,2, у сорта Припять на 31,4–60,8%. Зависимость степени ингибирования азотфиксирующих клубеньков от доз азотных удобрений прямо пропорциональна: чем выше доза вносимого азота, тем сильнее снижается активность клубеньковых штаммов.

Внесение минерального азота в дозах от 30 до 60 кг/га д.в. привело к подкислению почвы и снижению нитрифицирующей активности микроорганизмов, но повышало общее поступление азота в почву на 7,6–57,3%.

В заключение отметим, что наибольшая урожайность сортов Ясельда и Припять при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве получена на фоне азотных удобрений в дозе N₄₅. Внесение минерального азота в дозе N₃₀ – N₄₅ увеличивало поступление общего азота в растения сои и способствовало повышению урожайности семян на 25,7–91,3% по сравнению с контролем. В то же время минеральный азот угнетал процесс образования и жизнедеятельности клубеньков, снижая их количество и массу. Ингибирование минеральным азотом азотофиксирующей способности в большей степени проявляется у сорта Ясельда, урожайность которого на 10,2% ниже сорта Припять.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич А.А. Интенсивная технология возделывания сои и использование ее на корм для решения проблемы белка на Украине // Резервы повышения продуктивности сои: сб. науч. трудов ВАСХНИЛ. Сиб. отд.-ние. Новосибирск, 1990. С. 3–18.

2. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. 225 с.
3. Губанов П.Е., Калиберда К.П., Кормилицын В.Ф. Соя на орошаемых землях Поволжья. М.: Россельхозиздат, 1987. 34 с.
4. Заверюхин В.М. Влияние минеральных удобрений на качество зерна сои // Селекция и семеноводство зерновых и кормовых культур. Ташкент, 1983. С. 15.
5. Кашуков М.В. Азотное питание и продуктивность зернобобовых в Предгорной зоне Северного Кавказа. М.: Агроконсат, 1997. 164 с.
6. Львов Н.П. Нитрогеназа: Структура и условия функционирования // Молекулярные механизмы усвоения азота растениями. М., 1983. С. 34–53.
7. Мякушко Ю.П., Баранов В.Ф. Возделывание сои по индустриальной технологии в Европейской части СССР // Вестник с.-х. науки. 1982. № 2. С. 43–56.
8. Неунылов Б.А., Слабко Ю.И. Использование соев азота из удобрений при разных сроках его внесения // Агрохимия. 1968. № 12. С. 3–9.
9. Пенчуков В.М., Медяников Н.В., Каппушев А.И. Культура больших возможностей. Ставрополь: Ставроп. кн. изд-во, 1984. 287 с.
10. Персикова Т.Ф., Цыганов А.Р., Вильдфлуш И.Р. Биологический азот в земледелии Беларуси. Минск: Бел. изд. тов-во «ХАТА», 2003. 183 с.
11. Проскуро И.П., Квитко Г.П. Эффективность применения минерального азота под горох и сою // Докл. ВАСХНИЛ. 1980. Вып. 180. № 1. С. 240–245.
12. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений / В.Ф. Патыка [и др.] // Микробиол. журн. 1992. Т. 59, № 4. С. 3–14.
13. Смолин В.Ю. Симбиотическая азотфиксация при инокуляции сои смешанными культурами микроорганизмов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1996. 20 с.
14. Соя в нечерноземной зоне России / Т.П. Кобозева [и др.] // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2008. № 4. С. 52–53.
15. Таов М.А. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность сои в условиях Северного Кавказа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб.-Пушкин, 2001. 16 с.
16. Толкачев Н.З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины // Микробиол. журнал. 1997. Т. 59, № 4. С. 34–41.

V.I. Kochurko, E.E. Abarova

Soybean Yield Depending on Nitric Nutrition Conditions

Key words: soybeans; nitrogen fixation; adaptive technology; yield; mineral nitrogen; variety; tubercles; symbiotic activity; fertilizer; symbiotrophic; seeds; option; plant; fruitification phase; productivity growth.

The paper presents the results of three-year studies of optimal mineral nitrogen doses in the soybean cultivation technology on sod-podzol sandy-loam soils in the southern zone of the Republic of Belarus. The objects of studies were zoned soybean varieties Yaselda and Pripyat. It was established that the optimal soybean yield of 2,3–2,9 t/ha in field experiments were obtained using N_{45} nitrogen fertilizer dose. The mineral nitrogen inhibition by nitrogen-fixing bacteria becomes more apparent in the case of the variety Yaselda whose yield is 10,2% lower than the yield of Pripyat.