

A-29560

**МОСКОВСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ имени К. А. ТИМИРЯЗЕВА**

На правах рукописи

НАГОРНЫЙ Виктор Дмитриевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

УДК: 631.811+631.816,1/3(582,739)

**ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ СОИ
В УДОБРЕНИЯХ НА ПОЧВАХ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

(Специальность 06.01.04 — агрохимия)

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук**

Вся - Черберин

Диссертационная работа выполнена на кафедре агрохимии Университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы.

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, академик ВАСХНИЛ, профессор **Минеев В. Г.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Г. С. Посыпанов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **И. П. Дерюгин**.

Ведущая организация — Всесоюзный научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойтова.

Защита состоится «16» *апреля* . . . 1990 года в «*И*» час. на заседании специализированного совета Д-120.35.02 при Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева.

Адрес: 127550, Москва, И-550, Тимирязевская улица, 49, ученый совет ТСХА.

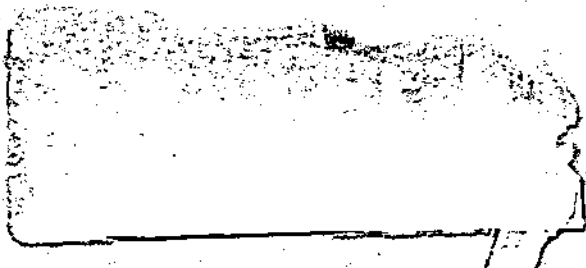
С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБ ТСХА.

Автореферат разослан «13» *марта* . . . 1990 года.

Ученый секретарь
специализированного совета —

Наумова

Л. М. Наумова



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Одной из актуальнейших проблем современного сельского хозяйства является увеличение производства растительного белка в размерах, необходимых для удовлетворения растущей потребности населения планеты в белковых продуктах и пополнения ресурсов кормового белка для животноводства и птицеводства. Понимание значимости этой проблемы нашло отражение в общей тенденции увеличения производства зерна сои во многих странах мира и даже в районах с менее благоприятными условиями для ее возделывания. В 1970 году соя занимала площадь более 29,2 млн. га, а мировое производство зерна сои составило примерно 43,5 млн. т при средней урожайности в 14,8 ц/га. В 1987 году эти показатели были равны соответственно 53 млн. га, 98 млн. т и 18 ц/га.

В СССР общее производство сои не превышает 550-600 тыс. т при крайне низкой средней урожайности этой культуры. Причиной этому является ряд факторов - ограниченность климатических ресурсов (низкий тепловой ресурс, короткий вегетационный период, недостаточная водообеспеченность), отсутствие сортов сои, способных в этих условиях давать хорошие урожаи зерна, несовершенство агротехники, отсутствие комплекса машин и орудий для возделывания и уборки сои.

К настоящему времени агрономия располагает определенными данными, характеризующими биологические особенности сои и показывающими положительное и отрицательное влияние различных природных и агротехнических факторов, в том числе и удобрений, на урожайность культуры и приспосабливание симбиотической азотфиксации. Значительный вклад в разработку теоретических основ и рекомендаций, определяющих практику применения удобрений под сою внесли Е.И. Мизустин, В.К. Жильникова, В.Л. Кретович, Г.И. Физюнская, М.И. Гукса, В.Т. Куркаев, Е.П. Трепачев, П.С. Родина и др.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
Моск. сельскохоз. академии
им. К. А. Тимирязева
Д-99.560

Однако для полного раскрытия биологического потенциала сси как бобовой культуры необходимы более глубокое раскрытие специфических особенностей минерального питания этой культуры и разработка основных элементов системы ее удобрения с учетом зональных особенностей ее возделывания. Система удобрения сси должна базироваться на почвенной и растительной диагностике, на учете коэффициентов использования элементов питания из почв и удобрений и применении оптимальных доз, форм и сроков внесения удобрений. Решение всех этих вопросов отвечает актуальным запросам практики и расширяет теоретические познания специфики питания и симбиотической азотфиксации сси.

Цели и задачи исследований. Учитывая научный интерес к проблеме и потребность практики в обоснованной системе удобрения сси была определена цель разработать основы диагностики питания сси на черноземных и каштановых почвах Северного Кавказа, установить оптимальные параметры основных элементов системы удобрения. Достижение этой цели осуществлено обобщением большого объема научной информации, накопленной и анализом экспериментальных данных, полученных на основе проведения полевых опытов в хозяйствах Краснодарского края и Калмыцкой АССР, вегетационных и лабораторных опытов и агрохимических исследований в лабораториях кафедры агрохимии Университета дружбы народов имени Патриса Лумумби в 1970-1974, 1979-1988г.

В программу научных исследований в качестве основных были включены следующие задачи:

1. Изучить динамику накопления растениями сси основных элементов питания в течение вегетации и определить общий вынос их с урожаем биомассы в зависимости от условий питания.
2. Изучить влияние форм и доз азотных удобрений, а также некоторых физиологически-активных веществ на формирование и функциони-

рование симбиотического аппарата сои и ее урожайность на темно-каштановых и черноземных почвах.

3. Установить коэффициенты использования различных форм азота на темно-каштановых и черноземных почвах и коэффициенты симбиотической азотфиксации.

4. Найти критерии оценки уровней азотного и фосфорного питания сои на различных почвах методами почвенной и растительной диагностики. Найти критерии оценки необходимости применения азотных подкормок и метод определения оптимальных доз удобрений.

5. Изучить влияние растительных остатков, внесенных в почву, на формирование и функционирование симбиотического аппарата и урожайность сои.

6. Изучить влияние различных доз азота и фосфора на величину и качество урожая зерна сои.

Положения, определяющие новизну работы и выносимые на звание

1. Критерии и принципы почвенной диагностики. Объективные критерии для оценки необходимости применения азотного и фосфорного удобрений до настоящего времени не были установлены. Полученные экспериментальные данные показывают, что целесообразность применения стертового азотного удобрения и необходимость внесения фосфора предопределяется исходным содержанием минерального (или только нитратного) азота и подвижного фосфора в почве перед посевом. Предложена группировка почв по содержанию минерального азота и подвижного фосфора в почвах и уравнения для расчета доз необходимых удобрений.

2. Диагностика питания сои. Установлены пределы содержания основных элементов в листьях сои, при которых растения проявляют низкую, среднюю и высокую продуктивность. Прямая достоверная корреляция этого содержания и урожайности сои позволяют использовать анализ химического состава листьев сои для оценки обеспеченности растений

элементами питания. Дана количественная оценка выноса элементов питания с урожаем биомассы в зависимости от условий выращивания.

3. Специфическая реакция симбиотического аппарата сои на формы минерального азота. Аммонийный азот в питательной среде даже в малых концентрациях (более 5 мг/л питательного раствора и более 2 мг на 100 г почвы) оказывает ингибирующее действие на формирование клубеньков и активность нитрогеназы. Нитратный азот оказывает такой же эффект только при концентрациях в 3-6 раз выше. При преобладании в почве нитратного азота растения растут лучше и вклад симбиотической азотфиксации в питание сои выше.

4. Коэффициенты использования азота удобрений на темно-каштановых и черноземных почвах. Исследованиями с применением изотопа ^{15}N установлены коэффициенты использования азота различных удобрений, внесенных в качестве стартового удобрения или подкормки. Доля азота удобрений, поступающего в растения сои, составляет 25-35%. Локально-рядковое внесение азотных удобрений повышает их эффективность.

Доля азота, накапливаемого в биомассе растений за счет симбиотической азотфиксации составляет 30-40%. Причиной, обуславливающей преобладание питательного азотного питания сои на обыкновенных черноземах, является высокий азотный потенциал этих почв при орошении. На темно-каштановых почвах при возделывании сои без орошения потенциал симбиотической азотфиксации снижен из-за частого дефицита влаги в верхнем слое почвы.

5. Критерий для оценки целесообразности проведения азотной подкормки. Основным критерием целесообразности применения азотной подкормки является уровень содержания азота в листьях в фазу цветения. Критическим содержанием азота в листьях сои в эту фазу является 2% на сухое вещество. Необходимость в азотной подкормке сои проявляется при снижении содержания общего азота в индикаторном листе менее

3%. Величина прибавки урожая зерна сои отрицательно коррелирует с содержанием азота в 4-ом листе ($r = -0,97$). Предложено уравнение для расчета дозы азота, необходимой для подкормки сои в фазу цветения.

6. Локальное внесение удобрений. Локально-рядковое внесение удобрений при посеве повышает их эффективность на 2-3 ц/га и выше по сравнению с внесением их под предпосевную культивацию. Такое размещение удобрений сказывается меньшее отрицательное влияние на формирование и активность симбиотического аппарата сои.

7. Логарифмический способ внесения удобрений в экспериментальных целях. Предложенные принципы и устройство значительно облегчают закладку опытов по определению оптимальных доз минеральных удобрений под различные культуры. Новизна способа и устройства для его осуществления подтверждены авторским свидетельством.

Практическая ценность результатов исследований. Разработанные критерии почвенной и растительной диагностики минерального питания сои и коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений дают возможность объективно оценивать целесообразность применения удобрений и рассчитывать дозы азота и фосфора для внесения под сою в конкретных почвенно-климатических условиях. Предложен способ интерпретации данных по химическому составу растений сои, который обеспечивает объективную оценку условий минерального питания растений и дает исходный материал для планирования системы удобрения. Показано преимущество локального способа внесения удобрений под сою, который повышает их эффективность и снижает расход их в расчете на единицу продукции. При планировании доз азотных удобрений рекомендуется учитывать тип предшественника и возможность запевки соею, что повышает эффективность симбиотической азотфиксации и снижает непроизводительный расход азотных удобрений.

Разработанный принцип и предложенные способ и устройство для логарифмического внесения удобрений позволяют создавать множество уровней минерального питания, экономит время и труд при закладке многовариантных опытов, дает возможность получать большой объем информации по реакции растений на применяемые удобрения и уверенно определять оптимальные их дозы. Этот способ может найти применение при проведении полевых опытов с удобрениями в географической сети опытов.

Реализация научных исследований. Результаты исследований использованы в учебных методических руководствах по диагностике питания сои и по составлению системы удобрения этой культуры, послужили основой для составления рекомендаций по удобрению сои в госплемсовхозе "Венцы-Заря", колхозе имени Калинина Краснодарского края, в колхозах "Пролетарская победа" и имени В.И.Ленина Калмыцкой АССР. Методические указания по "Диагностике питания сои" изданы отдельной брошюрой (М.: УДН, 1968; I н.л.). Особенности минерального питания зернобобовых, в том числе и сои, система удобрения их изложена в учебном пособии (М.: УДН, 1964).

Апробация работы. Материалы научно-исследовательской работы доложены на 9 ежегодных научных конференциях сельскохозяйственного факультета УДН в 1979-1988 гг., Международной конференции по проблеме развития сельского хозяйства (Москва, 1984), на Всесоюзной конференции "Биологический круговорот веществ" (Пушкино, 1982), Всесоюзных совещаниях по диагностике питания сельскохозяйственных растений (Москва, 1985, 1987). По результатам исследований опубликовано 27 научных статей. Получено авторское свидетельство на принцип и устройство по внесению удобрений.

Объем диссертации. Содержание диссертации изложено на 220 стр. машинописного текста, содержит 56 таблиц, 19 рисунков. Список ис-

пользованной литературы включает 238 отечественных и 336 иностранных наименований. Приложение на 38 стр.

Объекты и методы проведения исследований. Основными объектами исследований явились преобладающие на Северном Кавказе типы почв - карбонатные темно-каштановые, слабовыщелоченный тилличный и карбонатный обыкновенный черноземы, лугово-черноземные почвы, на долю которых приходится более 60% почвенного покрова этого региона. В опытах использованы районированные сорта ссн отечественной и зарубежной селекции.

Работа выполнена на основе полевых, микрополевых, вегетационных и лабораторных опытов. Полевые и микрополевые опыты были заложены в колхозе "Пролетарская победа" Городовиковского района Калининской АССР (1980-1985 г.), совхозе "Всходы-Заря" Гулькевичского района Краснодарского края (1979-1986), колхоза имени Калинина Старо-Цербиновского района (1986 г.), в совхозе "Дагсмысский" Лазаревского района Краснодарского края (1980-1987 г.). С целью изучения реакции сортов на различные климатические условия ссн выращивали на красноземе Аджарской АССР (ВНИИРСК, Анасеули) и на лугово-черноземовидной аллювиальной почве Колхидской низменности (с. Натанеби, 1983-1984 г.).

Вегетационные и лабораторные опыты проведены в условиях естественного освещения в теплицах совхоза "Дагсмысский" в 1982-1986 гг. и при искусственном освещении - на кафедре агрохимии Университета дружбы народов имени Лавриса Лумумби в 1984-1987 гг.

Там, где предусматривалось изучать влияние нитрагинизации на формирование симбиотического аппарата и урожайность ссн предусматривалось внесение различных доз удобрений на двух фондах: без и при обработке семян ссн нитрагином перед посевом.

Логорифмический способ дозирования и внесения азотных^и фосфорных удобрений (Авт. свид. № - 1060131 от 15.03.1983г.) заключается в сле-

дуюдем. С помощью туковой селки, снабженной специальным приспособлением, удобрение размещается на необходимой глубине вдоль рядка или полосы растений в постоянно возрастающем количестве, определяемом формулой: $L_p D = aX$, где D - доза удобрения, г/м.пог., X - расстояние в м от начала рядка, a - константа приспособления. Способ дает возможность создать множество различных уровней минерального питания растений, соответствующих недостаточной, оптимальной и избыточной степеням обеспеченности растений элементами питания.

В ряде полевых опытов на фоне нитрагинизации и без нее сравнивали эффективность сульфата аммония, аммиачной селитры, натриевой селитры и мочевины при локальном внесении удобрений рядом с семенами в дозе N50. Площадь делянок в полевых опытах от 10 до 54 м², повторность четырехкратная. Размещение делянок рандомизированное.

Во всех полевых опытах посев проводили селками точного высева (СПЧ-6 или ССТ-12) с междурядьями 70 и 45 см. Нормы высева семян скороспелых сортов составляли 400 тыс., среднеспелых 300 тыс. всхожих семян на 1 га. При уборке урожая регистрировалась фактическая плотность растений на одном гектаре.

Обработка почвы до закладки полевых опытов и все агротехнические мероприятия по уходу за посевами были выполнены в соответствии с принятыми в Краснодарском крае агроприемами.

В исследованиях придерживались соответствующих методических указаний по проведению полевых и вегетационных опытов (Доспехов, 1979; ИСНАО, 1982; ВИА, 1982, 1985 и др.). Накопление биомассы вегетативных и репродуктивных органов учитывали методом пробных снопов. Содержание N, P, K, Ca, Mg в растениях и в почве определяли в следующие фазы: 2-х настоящих листьев, ветвления, цветения, формирования бобов, налива и созревания семян.

Все химические анализы выполнены в соответствии с ГОСТом

262113-84. Активность симбиотической азотфиксации определяли по редукции цитилена ферментом клубеньковых бактерий нитрогеназой (Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями, ВУА, М., 1985, с.35-40).

В микрополевых опытах с применением стабильного изотопа ^{15}N , выполненных с целью определения коэффициентов использования соей азота из различных удобрений, определяли массу органов растений и содержание общего азота в них. Содержание изотопа ^{15}N определяли на оптическом масс-спектрометре "Изонитрат" во ВНИИРЦ.

Результаты полевых и вегетационных опытов и массовых химических анализов обработаны стандартными методами вариационной статистики. Расчеты коэффициентов корреляции и уравнений регрессии для оценки характера зависимости урожайности сои от содержания азота и фосфора в листьях выполнены по программе ВМДР на ЭВМ-1020 (ЦНАО), с применением персональной ЭВМ "Искра-1256" по программам, составленным автором.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамика накопления и вынос основных элементов питания. Для всех сортов и условий выращивания сои общий характер накопления биомассы и выноса элементов питания практически одинаков. Независимо от условий роста наибольший прирост сухого вещества и количества элементов питания в нем происходит в фазе цветения и формирования бобов.

Максимальное количество их отмечается в конце фаз налива семян. Повышение уровня азотного питания растений сои путем только внесения стартовой дозы азота или применения нитрагинизации в большинстве случаев не обеспечивает максимальное накопление азота и других элементов питания, а также достижение максимальной урожайности. Это достигается только при одновременном применении этих агроприемов вместе. Внесение 60 кг/га азота во многих случаях практически

равноценно применению нитрагинизации семян при посеве, но наибольшая урожайность сои была получена при применении нитрагина и стартовой дозы 30-60 кг/га.

Стартовая доза создает условия для большего накопления азота, фосфора и калия за счет поддержания активного физиологического состояния растений в завершающие фазы развития растений - фазы налива и созревания. Причем этот эффект более четко выявляется на фоне нитрагинизации. Он проявляется в увеличении продолжительности активного состояния растений, во время которого происходит дальнейшее накопление элементов питания и обеспечивается прирост урожайности по сравнению с абсолютным контролем (без применения нитрагина и удобрений) и со вторым контролем - вариантом, где применен один нитрагин. Степень проявления этого эффекта зависит также от продолжительности вегетационного периода: у скороспелого сорта в фазу созревания происходит обязательная потеря массы сухого вещества и снижение общего количества элементов питания в нем. У среднеспелого сорта потеря сухого вещества и элементов питания происходит только на контрольных вариантах, а при применении стартовой дозы азота и нитрагина масса сухого вещества и количество азота и калия в ней как бы остаются на одном уровне, а накопление фосфора к моменту уборки даже увеличивается.

Общее количество накапливаемых калия и фосфора в биомассе сои зависит от содержания доступных форм этих элементов в почвах, но вынос калия в расчете на 1 т зерна у сравниваемых сортов одинаков и составляет в среднем 44 кг/т. Вынос фосфора в зависимости от сорта и условий питания колеблется в пределах от 20 до 39 кг на 1 т зерна.

Вынос основных элементов питания на единицу массы сухого вещества и зерна с учетом содержания их в стеблях, черешках и оставшихся листьях приведен в табл. 1 и 2.

Выявлено существенное различие в величинах общего выноса элементов питания растениями сси в зависимости как от биологических особенностей сорта, так и от условий питания.

Таблица I

Вынос азота на I т зерна и соответствующее количество соломы (Средний за 1981-1983 гг, кг/т)

Вариант	Лугово-черноземовидная почва				Темно-кештенная почва			
	Ходсон		Мутант-2		Ходсон		Мутант-2	
	Солома	Зерно	Солома	Зерно	Солома	Зерно	Солома	Зерно
Контроль	17,7	67	13,5	67	14,0	69	16,7	68
N60	19,8	59	18,3	65	20,0	61	27,5	65
Нитрагин	19,8	57	18,0	65	16,0	60	22,6	68
Нитрагин+ N60	25,3	66	21,0	66	22,2	62	27,4	69
NCP05	3,2	5,2	2,7	нс*	2,6	2,0	нс*	нс*

* Здесь и далее "нс" означает отсутствие существенной разницы между сравниваемыми величинами.

Таблица 2

Распределение азота в различных частях растений сси в зависимости от урожайности сорта Ходсон (кг/га, а в скобках в % от общего выноса)

Часть растений	Урожайность, ц /га					
	20		25		32	
Семена	89	(69)	108	(62)	175	(66)
Стебли	24	(18)	43	(24)	59	(22)
Стерня+корни	19	(14)	24	(14)	31	(12)
Всего	132	(100)	175	(100)	265	(100)

Расчеты на основе данных табл.2 показывают, что чем выше урожай зерна сси, тем большее количество азота требуется для формирования I т зерна. Так при урожае в 2, 2,5, 3,2 и 4 т/га каждая тонна зерна содержит соответственно 45, 43, 65 и 60 кг азота.

Хозяйственный вынос азота (зерно+ солома) при этом составит соот-

ветственно 56, 60, 73 и 81 кг азота на каждую тонну зерна, а биологический вынос - 66, 70, 83 и 90 кг/т.

По мере роста урожая зерна сои, количество азота, содержащееся в различных частях биомассы увеличивается пропорционально величине урожая и количеству азота в нем, но доля его в общем выносе остается практически одинаковой.

Установлено, что в условиях Северного Кавказа независимо от сорта сои и типа почвы у растений преобладает автотрофный тип азотного питания. Доля азота, некапливаемого в растениях сои за счет симбиотической азотфиксации, составляет 25-36%. Повышение уровня азотного питания как за счет применения стартовой дозы в 30-60 кг/га, так и разреждения посевов на почвах с повышенным содержанием минерального азота обеспечивает высокую урожайность сои для конкретных погодных условий.

Растительная диагностика питания сои. Пределы абсолютного и относительного содержания разных форм элементов питания в органах растений, величины их соотношений лежат в основе растительной диагностики питания многих культур. Основные принципы такой диагностики разработаны Д.А.Сабининым (1932), И.А.Белюсовым (1937), А.В.Соколовым (1947), К.П.Магницким (1954), В.В.Церлинг (1964), Н.К.Болдыревым (1961), T. Waller (1939, 1951), P. Prevot, M. Ollanger (1956), W. Thomas, W. B. Mack, C. B. Smith (1953), H. F. Clements (1964), H. D. Chapman (1956), E. R. Beaufrils (1973), M. E. Sumner (1977) и др.

В последнее время, главным образом за рубежом, опубликован ряд работ, в которых рассматривается общие закономерности минерального питания сои, приводятся сведения о содержании элементов питания в органах растений, выносе их с урожаем биомассы, рассматриваются возможности применения полученных данных для диагностики питания.

Среди советских исследователей М.Д.Салтанов (1971) первым установил наличие корреляции между величиной урожайности и содержанием нитратного азота в черешках листьев сои. Позже подобная работа была проведена U.P.Pall, M.C.Saxena (1976), которые показали, что уровень содержания нитратного азота в листьях 50, 65 и 80-дневных растений хорошо коррелирует с урожайностью сои ($r=0,83-0,94$) при 1%-ном уровне значимости. У одних сортов положительная корреляция этих показателей выражена лучше, у других - хуже. Однако оценивать уровень азотного питания сои, как и других бобовых культур, по содержанию нитратного азота в листьях сои следует с осторожностью, так как прямая зависимость между урожайностью и содержанием нитратного азота наиболее вероятна, когда автотрофное азотное питание преобладает над симбиотрофным и азот в растения поступает главным образом в нитратной форме. В противном случае большая часть азота, поступающего из корней в стебли и листья, находится в органической форме (аллантоин, аллантоиновая кислота, аспарагин, глутамин и другие соединения). Тогда количество нитратов в листьях становится ненадежным критерием оценки обеспеченности растений сои азотом. Универсальных критериев пока не найдено.

В качестве индикаторного органа растений сои был использован четвертый лист, считая сверху. Объективной оценкой пригодности этого листа для диагностики питания послужили величины статистических показателей (дисперсия, коэффициент варьирования), а также регрессионный анализ количественных связей содержания NRN в этом листе и урожайности сои.

Путем объединения всех данных анализов содержания NRN в четвертом листе и величин урожайности сои в полевых опытах за все годы проведения исследований были получены довольно широкие вариационные

ряды сопряженных величин, которые обработаны методом регрессионного анализа. Была рассмотрена связь величин урожайности с содержанием азота и фосфора в четвертом сверху листе растений сои в основные фазы развития (в фазу двух настоящих листьев содержание азота и фосфора определяли в целом растении). Обобщенные данные позволили определить статистические параметры, характеризующие среднее содержание N и P в индикаторном листе в каждую фазу развития и найти уравнения, определяющие количественную связь урожайности с содержанием азота и фосфора в четвертом листе (табл. 3, 4, 5).

Выявлена прямо пропорциональная зависимость урожайности сои от содержания азота в листьях, начиная с фазы двух настоящих листьев вплоть до фазы формирования бобов. Несмотря на значительные колебания величин урожайности по годам, получены достоверные положительные коэффициенты корреляции этих показателей. Наиболее высокий коэффициент корреляции получен в фазу 2-х настоящих листьев, что подтверждает большую значимость уровня азотного питания растений сои в самом начале вегетации. В последующие фазы развития коэффициент корреляции этих показателей снижается от 0,64 в фазу ветвления до 0,55 в фазу формирования бобов. В этот период симбиотический аппарат на корнях растений уже сформирован и вклад его в азотное питание растений обеспечивает большую выравненность содержания азота в органах растений, что и находит отражение в меньшей величине коэффициента варьирования среднего содержания азота в листьях.

Содержание фосфора в листьях сои в первые фазы развития растений слабо влияло на величину урожайности, и только в фазу цветения была выявлена существенная корреляция этих показателей ($r = 0,61$,

$$Sx = \pm 0,2, T_5 > T_{05}$$

Таблица 3

Зависимость урожайности сси от содержания азота и фосфора в индикаторном листе в разные фазы развития

Фаза развития	Элемент	Среднее содержание, %	Уравнение регрессии урожайности на N% или P ₂ O ₅ %	Коэффициент корреляции
2 настоящих листа	N	5,14	$Y = -28,64 + 10,14 (N\%)$	0,91±0,13
	P ₂ O ₅	0,60	Корреляция незначительная	
Ветвление	N	5,11	$Y = -29,15 + 11,32 (N\%)$	0,64±0,24
	P ₂ O ₅	1,20	Корреляция незначительная	
Цветение	N	4,05	$Y = -16,26 + 10,25 (N\%)$	0,65±0,23
	P ₂ O ₅	1,20	$Y = -56,50 + 68,60 P\%$	
Формирование бобов	N	2,93	$Y = -57,75 + 27,50 (N\%)$	0,55±0,26
	P ₂ O ₅	0,90	Корреляция незначительная	
Налив семян	N	2,40	Корреляция незначительная	
	P ₂ O ₅	0,70	Корреляция незначительная	

Величины коэффициентов выравнивания среднего содержания азота и фосфора в четвертом листе во все фазы развития при низком уровне минерального питания достаточно велики, что свидетельствует о том, что надежность определений этих показателей мала и интерпретация их должна быть осторожной.

Выявлена высокая компенсационная способность растений сси, которая заключается в том, что при благоприятных условиях роста и симбиотической азотфиксации в период цветения и формирования бобов растения могут восполнить тот недостаток азота и фосфора, который они испытывали в первые фазы развития. Это дает возможность корректировать условия минерального питания растений в течение вегетации и получать более высокую урожайность. Причем, чем позже выявлен недостаток, тем меньше вероятность достижения наибольшей продуктивности растений.

Таблица 4

Среднее содержание азота в листьях сои по фазам развития
(в % на сухое вещество)

Уровень урожайности, ц/га	Фазы развития							
	2 настоящих листа		Ветвление		Цветение		Формирование бобов	
	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %
Низкий - до 15	3,82	16	3,73	28	3,21	26	2,65	6
Средний - 16-25	5,14	16	5,11	9	4,05	7	2,98	17
Высокий - 26-40	6,28	9	5,33	8	4,65	9	3,22	14
Очень высокий - 40	6,61	8	5,89	4	4,23	12	2,55	16

-Таблица 5

Уровни содержания валового фосфора в листьях сои по фазам развития (в % $P_{2}O_{5}$ на сухое вещество)

Уровни обеспеченности фосфором	Фазы развития			
	2 настоящих листа	Ветвление	Цветение	Формирование бобов
Низкий	0,50	0,70	1,00	0,80
Средний	0,60	0,80-1,00	1,20-1,40	0,90-1,00
Высокий	0,80	0,90-1,40	1,00-1,40	0,90-1,15

Установленная взаимосвязь между урожайностью сои и содержанием азота и фосфора в четвертом листе позволила определить границы содержания этих элементов, при которых достигаются соответствующие уровни урожайности сои.

В своих исследованиях мы ставили целью установить уровни содержания N и P в листьях сои, соответствующие трем уровням урожайности на разных почвах. Анализ полученных данных показал, что дисперсия отклонений от средней величины содержания NP в листьях сои, выращенной на сероземной, темно-каштановой, черноземной, лугово-

черноземной почвах не больше дисперсии отклонений от средней величины в каком-либо одном опыте. Это дает основание использовать данные приведенных таблиц для интерпретации результатов анализов по содержанию N, P в листьях сои, выращенной в любом районе.

На основе имеющихся данных по содержанию NPK в листьях сои была проверена возможность применения метода ДИС - Интегральной системы диагноза и рекомендаций (Beaufils, 1973; Sumner, 1974, 1977) для интерпретации результатов анализов химического состава листьев. Показано, что интегральная система интерпретации данных по содержанию N, P и K, как и других элементов, в листьях сои может служить объективным методом установления порядка нуждаемости растений в них.

Влияние формы минерального азота на формирование симбиотического аппарата и активность нитрогеназы

Степень и характер влияния различных форм азота на симбиотическую азотфиксацию проявляются как на стадии инфицирования корневых волосков, так и в процессах формирования клубеньков и биохимического восстановления молекулярного азота. На основе вегетационных и полевых опытов выявлены существенные различия в действии аммонийного и нитратного азота на формирование клубеньков и активность нитрогеназы в них.

Исследования, выполненные нами в водной культуре с ежедневной сменой растворов, позволили выявить существенную разницу в реакции симбионтов на форму минерального азота (табл. 6).

В среде без минерального азота формировалось большее количество клубеньков, чем в присутствии минерального азота. Аммонийный азот даже в малой концентрации (5 мг/л) ингибировал формирование клубеньков, в то время как нитратный азот в такой же концентрации практически не оказывая отрицательного влияния на инфицирование

корней клубеньковыми бактериями. Концентрация аммонийного азота до 30 мг/л полностью ингибирует развитие симбиоза. При проращивании семян и выращивании растений до фазы двух настоящих листьев в среде, содержащей 30 мг/л нитратного азота, на корнях формировалось в 2 раза меньше клубеньков, чем у растений, инфицированных в водной среде, а затем пересаженных в сосуд с таким же количеством нитратов.

Таблица 6

Влияние формы и дозы азота на формирование клубеньков и рост растений в вегетационном опыте

Вариант	Концентрация азота, мг/л	Число клубеньков, шт/раст.	Сухая масса клубеньков, мг/раст.	Средняя масса одного растения, мг с.в.
Аммонийный азот	5	4 (6)*	7 (9)	288 (292)
	30	1 (3)	1 (1)	252 (250)
Нитратный азот	5	8 (8)	14 (14)	372 (373)
	30	4 (7)	5 (10)	470 (472)
HCP ₀₅		2	3	23

* В скобках приведены величины показателей для тех же форм и доз азота, но при предварительном проращивании семян сои в увлажненном перлите.

При концентрации нитратного азота 30 мг/л ^{масса} растений была на 26% больше, чем при концентрации 5 мг/л; аммонийный азот в той же дозе ингибировал не только формирование клубеньков, но и сдерживал рост растений.

На рис. I представлены данные по влиянию форм и доз азота на формирование сухой массы клубеньков, сухой массы растений и на активность нитрогеназы и внос азота растениями ко времени уборки их в фазу цветения. Контрольные растения, выращенные без азота в питательной среде, имели меньшую массу и количество клубеньков, чем растения на среде, содержащей нитратный азот в концентрациях от

15 до 60 мг/л. Повышение концентрации сверх 60 мг/л ингибировало рост растений и накопление азота в биомассе. Удельная активность нитрогеназы была наибольшей при концентрациях 10–15 мг/л. Инокулированные растения, выращенные на питательной среде без азота, сформировали почти такую же массу клубеньков на корнях как и на питательной среде, содержащей 15 мг/л нитратного азота, но удельная активность нитрогеназы в них была в 3 раза меньше. Подобное явление отмечал E.J. Ralston (1983) при концентрации нитратного азота до 7 мг/л.

При применении сульфата аммония выявлено сильное ингибирующее действие аммонийного азота даже в самой малой концентрации как на формирование и активность симбиотического аппарата, так и на продуктивность растений сои. При концентрации аммонийного азота в 5 мг/л сухая масса клубеньков и масса растений были большими, чем при более высоких дозах этого азота, но существенно ниже, чем при такой же дозе нитратного или аммонийно-нитратного азота. По всей видимости растения не способны продуктивно ассимилировать и такое количество аммонийного азота, и свободный азот ингибирует метаболические процессы в растении. Хотя удельная активность нитрогеназы в клубеньках растений на питательной среде, содержащей 5 мг/л аммонийного азота, была почти в 2 раза выше по сравнению с контролем, но вклад симбиотической азотфиксации в накопление азота и рост растений был совсем незначительным, так как масса клубеньков на корнях растений при этой дозе была в 5 раз меньше.

При одновременном применении обеих форм азота в суммарной концентрации 5–10 мг/л ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) активность нитрогеназы была в 2 раза выше по сравнению с контролем, но на 30% ниже, чем при дозе N-NO_3 в 10 мг/л. При повышении дозы азота, внесенной в форме аммонийной

селитры, величины всех показателей резко снижались главным образом, по-видимому, из-за ингибирующего действия аммонийного азота.

Накопление азота в биомассе растений сои на разных фсах питания увеличивалось по мере повышения концентрации минерального азота в питательной среде. Но характер поступления и основные источники азота несомненно были различными. Если при выращивании растений на питательной среде содержащей 10-15 мг/л нитратного или аммонийно-нитратного азота, можно предположить поступление азота через механизм симбиотической фиксации его, то при помещении растений на питательные растворы с большими концентрациями этих форм размеры и активность симбиотического аппарата уменьшались, и растения усваивали в основном минеральный азот. На аммонийном питательном растворе накопление азота в биомассе происходило в основном за счет повышения концентрации этого элемента в биомассе растений без существенного увеличения объема последней.

Сравнение характера влияния различных форм азота, в том числе и амидной, на формирование и активность симбиотического аппарата у сои выявляет значительное превосходство нитратного азота. Число и масса клубеньков на корнях растений выращенных на нитратной или аммонийно-нитратной среде, превышали величины этих показателей на других вариантах. Наименьшее количество клубеньков было обнаружено на питательной среде, содержащей аммоний. При внесении мочевины в качестве источника азота в первые фазы развития растения сои развивались хорошо и не отличались от растений, выращенных на других источниках азота. После цветения эти растения отстали в росте, число и масса клубеньков, удельная активность нитрогеназы в них были меньшими. Растения, выращенные на безазотной среде, имели большую массу клубеньков, а активность нитрогеназы в них была в 4-5 раз

выше, чем в клубеньках растений на других вариантах. Однако, судя по общему выносу азота растениями, это не компенсировало отсутствие минерального азота в питательной среде (табл. 7).

Таблица 7

Влияние формы азота на вынос азота, массу и число клубеньков и удельную активность нитрогеназы в фазу формирования бобов.
(Субстрат: перлит. Питательная смесь *двухэтап*)

Форма азота (270 мг)	Вынос азота, мг/раст.	Сухая масса клубеньков, мг/раст	Число клубеньков, шт/раст.	Удельная активность нитрогеназы мкм С Н / г. час. 2 4
Без азота	270	455	141	17,3
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	170	167	84	3,1
NaN_3	430	376	167	4,8
NH_4NO_3	380	260	150	4,0
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	340	239	113	3,7
H_3PO_5	3	3		0,15

Характер влияния различных форм азота на симбиотический аппарат сои и содержание общего азота в биомассе растений свидетельствуют о предпочтительности нитратной формы азота для бобового растения.

Таким образом, для характеристики влияния нитратного и аммонийного азота на развитие симбиоза нужно иметь представление о пороговых концентрациях этих форм, а также о времени появления их в среде. Продуктивность растений, на которых не сформировался симбиотический аппарат, полностью зависит от источников минерального азота. Но и если такой аппарат сформирован, то его активность, а следовательно и сочетание симбиотического и автотрофного азотного питания, также зависит от формы и концентрации азота в карбонатаемом слое почвы.

В полевых условиях действие форм азота на симбиотический аппарат сои проявляется не столь очевидно. На слабовыщелоченном черноземе аммонийный азот удобрений практически не уступал нитратному по действию на продуктивность растений и содержание общего азота в индикаторном листе. Однако аммонийная форма снижала количество и массу клубеньков и активность нитрогеназы (табл.8).

Таблица 8

Влияние формы азота на показатели, характеризующие симбиотический аппарат сои на разных почвах (Полевой опыт, 1983-1984)

Показатели	Вариант опыта			НСР ₀₅
	контроль	$N_{30}-NO_3$	$N_{30}-NH_4$	
Темно-каштановая почва				
Клубеньков на I растение:				
шт	11	12	8	2,2
мг	72	83	69	13
Активность нитрогеназы, мм C_2H_4 /г. час:				
1983	36	19	11	9,3
1984	17	16	10	4,3
Слабовыщелоченный чернозем				
Клубеньков на I растение:				
шт	54	55	39	11,2
мг	372	329	260	62
Активность нитрогеназы, мм C_2H_4 /г. час:				
1983	36	33	23	6,9
1984	46	27	22	10

Путем определения тесноты связи таких показателей как содержание нитратного и аммонийного азота в почве перед посевом, с одной стороны, и активности нитрогеназы и величины уржайности, с другой, установлено, что характер и степень влияния минерального азота почвы зависят от преобладающей формы азота и от количества общего минерального азота в почве (табл.9 и 10).

Таблица 9

Коррелятивная связь между активностью нитрогеназы в клубеньках сои, урожайностью и содержанием различных форм азота в почвах полей с низкой и средней урожайностью (Полевые опыты. Бенцы-Заря)

Показатели		1982	1983	1984	1985
N-NO ₃	Среднее содержание, мг/кг	6,4	8,4	13,9	14,7
	Ошибка средней, мг/кг	1,1	2,3	2,4	2,5
	Коэффициент вариации, %	69,8	70,7	69,7	69,4
АРА*	Средняя величина, нМ C ₂ H ₄ /г.час	4,5	4,4	11,8	6,5
	Ошибка средней, нМ C ₂ H ₄ /г.час	0,26	0,14	0,44	0,43
	Коэффициент вариации, %	22,9	12,8	14,8	26,7
Коэффициент корреляции N-NO ₃ * АРА		0,70	0,67	0,67	-0,73
N-NH ₄	Среднее содержание, мг/кг	1,7	2,5	8,9	6,6
	Ошибка средней, "	0,3	0,4	1,5	1,5
	Коэффициент вариации, %	71,2	67,0	66,3	90,1
Коэффициент корреляции N-NH ₄ * АРА		0,64	-0,33	0,59	-0,54
Средняя урожайность сои, ц/га		11,9	12,0	21,0	26,3
Ошибка средней, ц/га		0,7	0,5	0,9	1,3
Коэффициент вариации, %		21,9	16,1	17,4	19,5
Коэффициенты корреляции для пар:					
"урожай * АРА"		0,59	0,79	0,58	-0,33**
"урожай * N-NO ₃ "		0,87	0,95	0,97	0,82
"урожай * N-NH ₄ "		0,53	0,33	0,64	0,75

* АРА - ацетиленредуцирующая удельная активность нитрогеназы, нМ C₂H₄/г.час

** Коэффициент корреляции не существенен для P = 0,05

Величина и активность нитрогеназы положительно коррелировали с количеством нитратного азота в почве. При малом содержании минерального азота отмечена существенная положительная связь между содержанием аммонийного азота и активностью нитрогеназы.

Таблица 10

Коррелятивная связь между активностью нитрогеназы в клубеньках сси, урожайностью и содержанием различных форм азота в почвах полей с высокой урожайностью (Полевые опыты. Венцы-Заря)

Показатели		1983	1984а*	1984б*	1985
N-NO ₃	Среднее содержание, мг/кг	29,2	19,5	34,6	21,6
	Ошибка средней, мг/кг	1,5	1,2	3,6	2,5
	Коэффициент вариации, %	12,3	15,1	23,4	28,7
АРА	Средняя величина, нМ С ₂ Н ₄ /г. час	5,7	11,5	4,5	3,4
	Ошибка средней, нМ С ₂ Н ₄ /г. час	0,8	1,5	1,0	0,4
	Коэффициент вариации, %	33,8	32,7	54,5	23,1
Коэффициент корреляции N-NO ₃ x АРА		0,95	-0,05	-0,66	0,06
N-NH ₄	Среднее содержание, мг/кг	9,0	5,8	12,3	24,7
	Ошибка средней, мг/кг	0,5	1,2	0,3	3,8
	Коэффициент вариации, %	14,7	52,7	4,9	57,8
Коэффициент корреляции N-NH ₄ x АРА		-0,49	0,39	-0,40	-0,76
Средняя урожайность сои, ц/га		28,8	31,0	32,7	20,2
Ошибка средней, ц/га		1,1	0,7	0,2	1,8
Коэффициент вариации, %		9,2	5,8	1,6	22,3
Коэффициенты корреляции для пар:					
"урожай x АРА"		-0,78	-0,35	0,86	0,13
"урожай x N-NO ₃ "		-0,54	0,81	0,27	-0,96
"урожай x N-NH ₄ "		0,88	0,86	-0,97	0,39

* а - на полях в совхозе "Венцы-Заря"

б - на опытном участке, где изучалось влияние различных доз азота на урожайность сои.

Активность симбиотической азотфиксации, определенная в фазу цветения на участках с высокой урожайностью сси, имела отрицательную или слабую корреляцию с исходным содержанием минерального азо-

Рис. 1. Влияние формы и концентрации азота в питательном растворе на величины показателей симбиотического аппарата сои

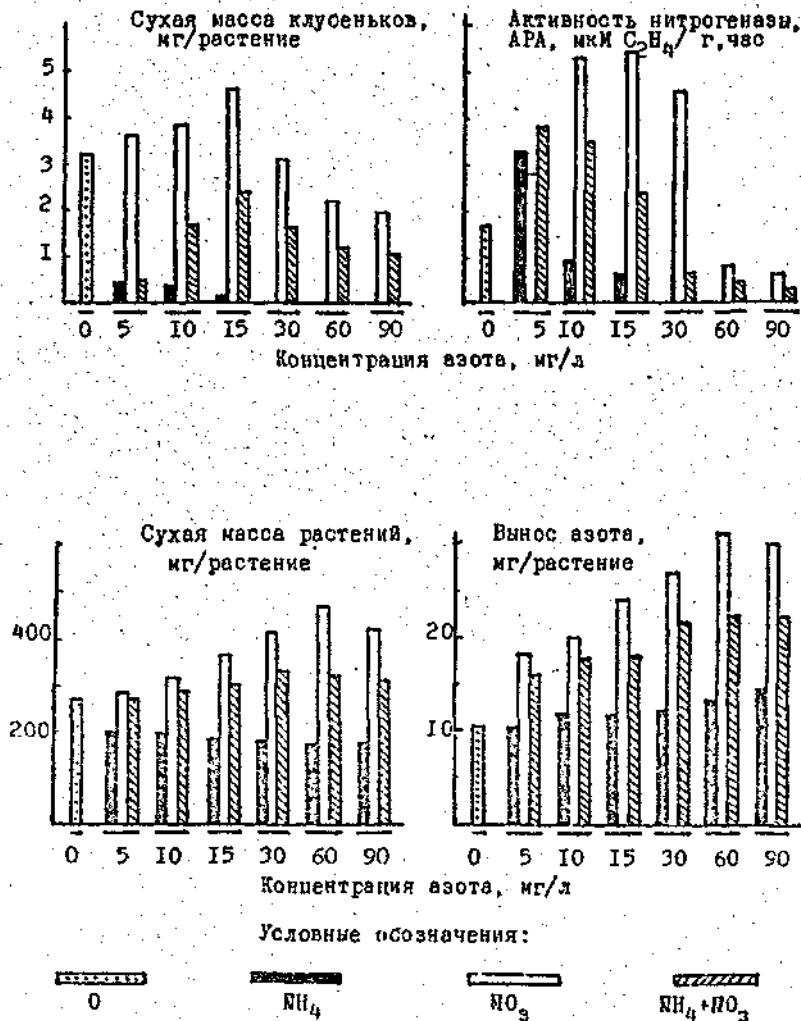


Рис. 2. Зависимость урожайности сои от содержания общего минерального и нитратного азота в почве

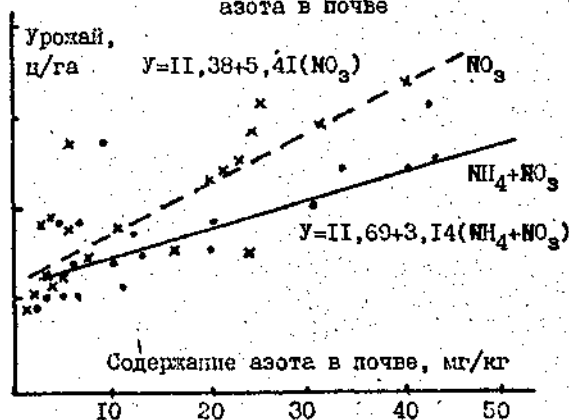


Рис. 3. Зависимость дозы азота от содержания минерального и нитратного азота в почве

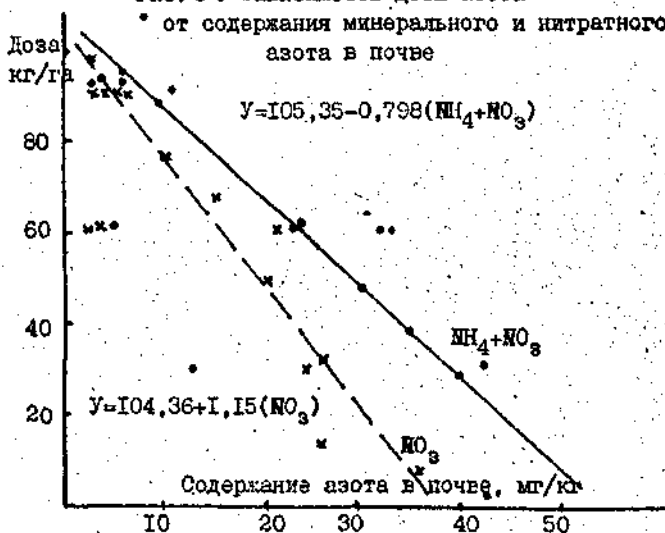


Рис. 4. Прибавка урожая зерна сои от азотного удобрения в зависимости от содержания минерального азота в почве.

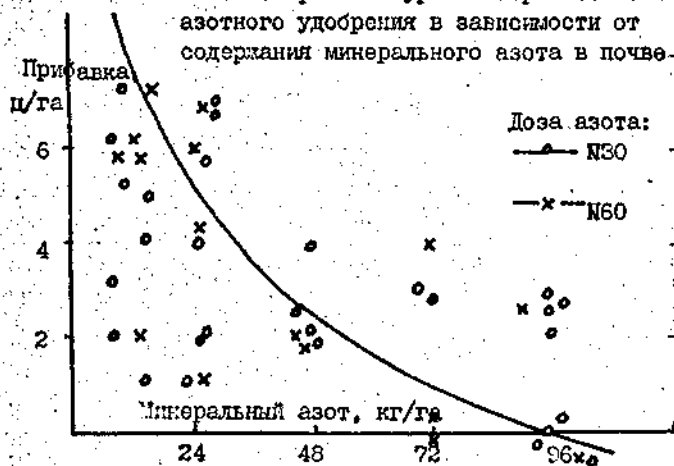


Рис. 5. Зависимость прибавки урожая зерна сои от азотной подкормки при разном содержании азота в листьях.



Рис. 6. Зависимость урожайности сои от содержания подвижного фосфора в карбонатной темно-каштановой почве

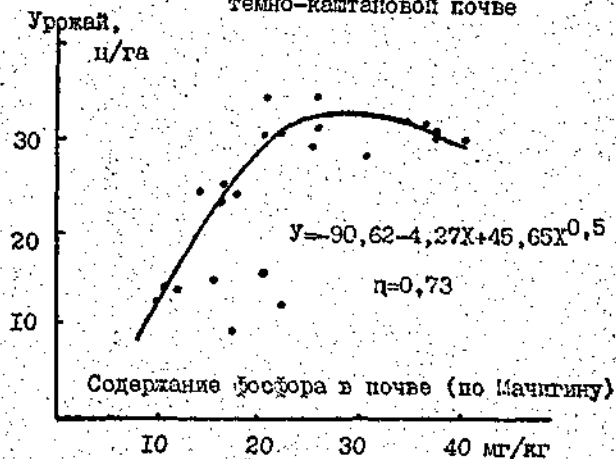
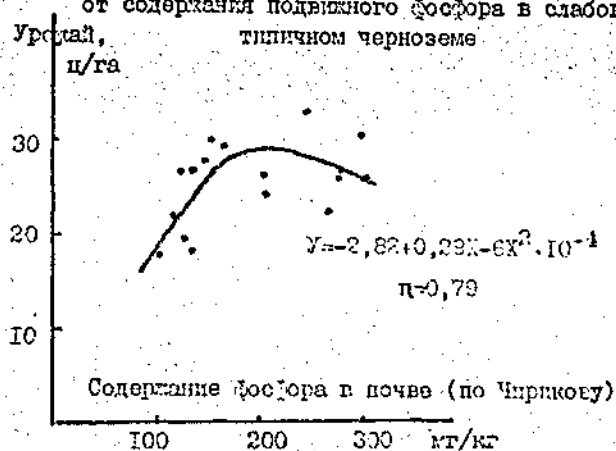


Рис. 7. Зависимость урожайности сои от содержания подвижного фосфора в слабовыщелоченном типичном черноземе



та в почве и отрицательно или слабо положительно коррелировала с величиной урожайности. И только на участке с различными дозами азота в отдельные годы была отмечена положительная связь активности нитрогеназы и урожайности сои, что можно объяснить более активным физиологическим состоянием листьев растений сои под влиянием внесенного азотного удобрения.

Выявленный характер и теснота связи содержания минерального азота в почве перед посевом с величинами удельной активности нитрогеназы и урожайностью сои не противоречат выводам, полученным по данным вегетационных опытов.

Влияние минерального азота, внесенного при посеве, продолжает сказываться на продуктивности растений и активности симбиотической азотфиксации в течение всей вегетации. Полезное сочетание автотрофного и симбиотрофного азотного питания проявляется в том случае, когда в почвенном растворе присутствует та форма связанного азота, которая в меньшей мере оказывает отрицательное действие на симбиотическую азотфиксацию. Характер влияния формы азота удобрения на симбиотический аппарат зависит от того, насколько изменится соотношение форм азота в почве при применении удобрения. При малом общем содержании минерального азота в почве внесенная форма может оказать существенное влияние на симбиоз, при высоком содержании — различия в действии внесенных форм удобрений могут остаться незамеченными. Хотя аммонийный азот является наиболее распространенной формой в удобрениях, но интенсивность нитрификации в почве, а следовательно и величина отношения $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ в период активного поглощения азота растениями, может предопределить характер влияния этих форм на симбиоз и продуктивность растений.

Применение азотных удобрений под сою с учетом содержания минерального азота в почвах

Характер отклика растений сои на азотное удобрение, внесенное в почву с различным исходным содержанием минерального азота, выявил несколько закономерностей.

Содержание минерального азота в слое почвы 0-20 см предопределяет величину оптимальной дозы удобрения и урожайности сои. Зависимость урожайности от исходного содержания нитратного и общего минерального азота характеризуется средними коэффициентами корреляции, соответственно, $r = 0,65 \pm 0,2$ и $0,62 \pm 0,2$ и следующими уравнениями регрессии: $Y = 11,695 + 3,14 (NO_3 + NH_4)$ и $Y = 11,68 + 5,41 NO_3$, где Y - урожайность, ц/га; $(NO_3 + NH_4)$ - общий минеральный азот в мг/100 г; NO_3 - нитратный азот, мг/100 г почвы (рис.2).

При увеличении содержания общего минерального и нитратного азота на 1 мг/100 г почвы урожайность сои на слабовыщелоченном черноземе при отсутствии других лимитирующих факторов, увеличивается соответственно на 3 или 5 ц/га. Максимальный урожай зерна сои получен при содержании в пахотном слое более 90 кг/га нитратного и 120 кг/га общего минерального азота. В таких случаях применение азотного удобрения нецелесообразно.

Доза азотного удобрения предопределяется исходным содержанием минерального, в том числе и нитратного, азота. Корреляционная связь между дозами азота и количеством этих форм азота характеризуется следующими коэффициентами $r = -0,77$ и $r = -0,82$, соответственно. Количественная зависимость дозы азота от содержания общего минерального и нитратного азота описывается следующими уравнениями: $Y = 105,32 - 0,798 (NO_3 + NH_4)$ и $Y = 104,36 - 1,15 NO_3$, где Y - доза азота, кг/га; $(NO_3 + NH_4)$ и NO_3 - минеральный и

нитратный азот в пахотном слое почвы, кг/га (Коэффициент пересчета количества азота в почве с мг/100 г почвы на 1 га равен 24).

При содержании нитратного азота от 12 до 24 кг/га применяемая доза может быть в пределах 60-80 кг/га. Если содержание нитратного азота составляет 48-72 кг/га, то стартовая доза азота снижается до 20-40 кг/га.

Минеральный азот почвы и удобрений может обеспечить высокую продуктивность растений сои, и хотя вклад симбиотической азотфиксации может снижаться, урожайность сои и общий вынос азота при этом увеличиваются. При наиболее благоприятных условиях выращивания сои может выявляться существенный положительный эффект от внесения азотного удобрения при содержании в почве 72-90 кг/га нитратного азота.

На основе установленных зависимостей урожайности сои и стартовой дозы азота от исходного содержания минерального азота в почве проведена группировка почв по обеспеченности их азотом, установленной весной перед посевом (табл. II).

Таблица II

Индексы обеспеченности сои почвенным азотом

Обеспеченность почвы азотом	Содержание азота, мг/100 г		Ожидаемая прибавка, ц/га
	общего (К)*	нитратного (К)*	
Низкая	1,5 (0,8)	1 (0,5)	4
Средняя	2-3 (1,1)	1-2 (0,8)	2-4
Повышенная	3-4 (1,0)	2-3 (1)	1-2
Высокая	4 (1,0)	3 (1,0)	1

* Коэффициент эквивалентности по Крупкину.

Анализ данных, представленных в табл. IО, и уравнений регрессии показывает, что в различных погодных условиях наибольшая уро-

жайность сои достигалась на полях, в почвах которых содержалось более 2,4 мг/100 г нитратного и более 4 мг/100 г общего минерального азота. При таком уровне содержания не всегда получалась прибавка урожая от внесения небольшой (N_{30}) стартовой дозы азота (рис.3). Расчет по приведенным выше уравнениям показывает, что при содержании нитратного или общего минерального азота ($NO_3 + NH_4$) в пахотном слое почвы в пределах 4 мг/100 г (96 кг азота на 1 га) не следует применять стартовое азотное удобрение. Исходное содержание минерального азота в пахотном слое почвы в 96 кг/га гарантирует получение максимального урожая зерна сои, или в крайнем случае уровень азотного питания сои не будет лимитирующим фактором. Анализа зависимости активности симбиотической азотфиксации в клубеньках сои от исходного содержания различных форм азота в почве показал, что симбиотическая азотфиксация подавляется аммонийным азотом в большей мере, чем нитратным, и при содержании первого более 3 мг/100 г почвы симбиоз ингибируется практически полностью. Такое количество аммонийного азота в почве появляется только после заделки в почву большого количества соломы гречихи или навоза (Р.Кагита, 1956). С учетом этого оценку уровня обеспеченности почвы азотом лучше вести по содержанию общего минерального азота в почве, и лишь в отдельных случаях, как например, в малогумусных карбонатных почвах, эту оценку можно выполнить по количеству нитратного азота в почве.

Определение потребности сои в азотных подкормках

Уровень минерального питания, созданный перед посевом сои и в начальные фазы ее развития и условия симбиотической азотфиксации во многом определяют как целесообразность проведения подкормок,

так и их эффективность. В тех случаях, когда растения были хорошо обеспечены азотом как за счет содержания его в почве, так и за счет симбиотической азотфиксации азотная подкормка в фазу цветения оказалась неэффективной. Достоверная прибавка урожая зерна сои от азотной подкормки была получена при низком уровне азотного питания в период от начала вегетации до цветения. Свидетельством последнего являлось низкое содержание общего азота в индикаторных листьях сои.

Между прибавкой урожая и содержанием азота в индикаторном листе в фазу цветения выявлена высокая отрицательная корреляция ($r = -0,97$). Количественная связь этих показателей определяется уравнением регрессии второй степени: $Y = 10,483 - 4,021X + 0,359X^2$, где Y - прибавка урожая зерна сои, ц/га; X - содержание общего азота в листьях, % на сухое вещество (рис.5).

Таким образом, эффективность азотной подкормки предопределяется содержанием азота в листьях в фазу цветения. Чем меньше содержание азота в листьях, тем эффективнее азотная подкормка. При большом дефиците азота в эту фазу можно применять более высокие дозы азота. Так, при содержании общего азота в индикаторном листе, близком к критическому - 2%, доза N_{60} дает в 1,5-2 раза большую прибавку урожая зерна сои, чем доза N_{30} . Если в фазу цветения в листьях содержится общего азота несколько больше 3%, то большая доза удобрения может привести к снижению урожайности сои из-за стимулирования вегетативного роста растений и последующего полегания их. Чем выше концентрация азота в начальные фазы, тем больше вероятность получения высокой урожайности. Однако, нижний предел содержания азота в фазы 2-4 листьев и ветвления еще не дает основания для внесения подкормки. При благоприятных условиях симбиотической

азотфиксации растения может создаваться достаточный запас азота в тканях для последующей реутилизации.

Решение о необходимости проведения азотной подкормки следует принимать по результатам анализа содержания азота в листьях в фазу цветения и начала формирования бобов. Повышение содержания азота в листьях в фазу цветения и формирования бобов путем осуществления некорневых подкормок способствует продлению жизнедеятельности листьев и продолжению функционирования симбиотического аппарата, что положительно сказывается на продуктивности растений сои. Лучшим временем проведения подкормки является фаза цветения и начало формирования бобов.

Независимо от условий запас азота и других элементов питания в семенах создается, в основном, за счет их оттока из вегетативных органов. Доля азота, поступающего из листьев и стеблей в семена, составляет 50-64% от всего содержания азота в урожае семян. В период налива семян в них утилизируется до 5 кг азота на 1 га в день. Стабильность доли реутилизуемого азота (50-60%), известный химический состав семян и величина предполагаемого урожая позволяют определить то количество азота, которое перейдет из вегетативных органов в семена, а именно: $N_{ру} = 0,5\% N \cdot Y : 100$, где $N_{ру}$ - количество реутилизуемого азота, кг/га; 0,5 - доля этого азота в общем выносе с урожаем семян; Y - урожай семян, кг/га; $\%N$ - процент азота в семенах.

При содержании азота в индикаторном листе в фазу цветения и формирования бобов в пределах 4%, количество реутилизуемого азота является максимальным и приближается к расчетной величине ($N_{ру} = 0,5 \cdot \%N \cdot Y : 100$), а при содержании около 2% реутилизация не будет проходить, т.е. $N_{ру} = 0$ кг/га. Таким образом, дефицит азота в

листьях predetermined величину дефицита реутилизуемого азота в зависимости от планируемого урожая (табл.12).

Таблица 12

Дефицит реутилизуемого азота в растениях сои, установленный с учетом результатов листовой диагностики

Планируемый урожай, кг/га	Ожидаемый вынос азота зерном, кг/га	Должно поступить из вегетативных органов, кг/га	Доза азота в кг/га при фактическом дефиците азота в листьях (% на с.в.)			
			0,5	1,0	1,5	2,0
4000	240	120	30	60	90	120
3000	180	90	22	45	67	90
2000	120	60	15	30	45	60
1500	90	45	11	22	34	45

Доза азота вычисляется по следующему уравнению:

$$N_{\text{деф}} = \frac{N_{\text{ру опт}} \% N_{\text{деф}}}{\% P_{\text{ру}}}$$

где $N_{\text{ру опт}}$ - количество реутилизуемого азота, кг/га

$\% P_{\text{ру}}$ - процент азота в листьях, используемый для реутилизации, % (максимум 2%)

$\% N_{\text{деф}}$ - дефицит азота в листьях, %

$N_{\text{деф}}$ - дефицит азота в биомассе растений, кг/га (эквивалент дозы)

Дефицит азота в листьях в 1,5-2% трудно восполнить почвенными и некорневыми подкормками, так как вероятнее всего он вызывается не только низкой обеспеченностью растений азотом в предшествующие фазы, но и рядом других неблагоприятных факторов, кроме того, для поглощения и ассимиляции 90-120 кг азота растениям будет недостаточно времени.

Правильная оценка актуального плодородия почвы и условий симбиотической азотфиксации перед посевом позволяют так построить

систему удобрения, чтобы в период формирования генеративных органов не проявлялся острый недостаток элементов питания, и если проявляется дефицит азота, то он не должен превышать 0,5-1,0% и его можно устранить внесением небольшой дозы азота 20-60 кг/га.

Оптимальный уровень фосфорного питания сои на карбонатных темно-каштановых почвах и слесовыялсоченных черноземах. Установлено, что при симбиотичном азотном питании потребность бобового растения в фосфоре выражена сильнее, чем при автотрофном (Cassattan, 1980). И поэтому увеличение доли симбиотически фиксированного азота в общем выносе его с урожаем биомассы должно достигаться за счет более полного удовлетворения потребностей растений в фосфоре.

Данные представленные в табл.13 показывают, что при исходном содержании подвижного фосфора в карбонатной темно-каштановой почве в пределах 12-18 мг/кг не достигается высокая урожайность сои. Внесение в такие почвы 65-100 кг/га фосфора обеспечивало получение урожая в 28-36 ц/га. Сценка зависимости урожайности сои от содержания подвижного фосфора по представленным данным выявила, что она имеет криволинейный характер и описывается уравнением $Y = 90,62 - 4,27X + 45,65X^{0,5}$, где Y - урожай, ц/га, X - содержание подвижного фосфора (по Мачигицу), мг/кг (рис.6).

Установленная количественная связь позволяет принять за верхний предел оптимального содержания подвижного фосфора в карбонатной почве 30 мг/кг, при котором фосфорное удобрение применять не следует.

Для выделенных уровней урожайности сои группировка карбонатных почв по степени обеспеченности ^{фосфором} может быть представлена следующим образом (табл.14).

Таблица 13

Урожайность сои на карбонатных почвах (ц/га) в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором и дозы фосфорного удобрения

Доза P_2O_5 кг/га	Исходное содержание P_2O_5 в почве, мг/кг					Средняя за 3 лет, ц/га
	15	12	17	21	22	
	1981	1982	1983	1984	1986	
0	14,8	13,0	9,7	15,1	12,3	13,0
30	18,4	14,0	13,5	18,4	12,8	15,4
65	21,0	14,0	16,2	23,7	15,0	18,0
101	32,0	28,0	21,6	28,9	19,6	26,0
147	36,4	31,0	23,0	28,9	22,0	28,3
289	35,9	28,0	21,1	29,4	21,4	27,2
330	34,6	29,0	21,1	28,1	21,8	27,9
$HCPO_5$	3,3	4,0	3,80	4,4	3,2	3,6

Таблица 14

Группировка карбонатных почв по уровням содержания подвижного фосфора для выращивания сои

Уровень содержания, P_2O_5 , мг/кг	Уровень урожайности, ц/га	Доза фосфора, кг/га
Низкий - менее 15	менее 15	100-150
Средний - 16-20	16-20	70-100
Повышенный - 21-30	21-26	30-60
Высший более 30	более 26	0

Для определения дозы фосфорного удобрения, необходимой для доведения содержания подвижного фосфора в почве до уровня, соответствующего определенному уровню содержания рекомендуем пользоваться формулой, предложенной Н.К.Болдыревым (1983):

$$D(P_2O_5), \text{ кг/га} = ((P_{\text{опт.}} - P_{\text{исх.}}) : K) \cdot 100, \text{ где}$$

$P_{\text{опт.}}$ - оптимальное содержание подвижного фосфора в почве (мг/кг)

по Начигину), $P_{исх.}$ - исходное содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг; К - фосфатный эквивалент.

Значения $P_{опт.}$, $P_{исх.}$ и К выражаются в мг/кг для слоя почвы 0-30 см.

Применимость такого подхода проверена нами в опытах в производственных условиях на карбонатном черноземе и темно-каштановой почве. В своих опытах доза фосфора, определенная с учетом фактического содержания подвижного фосфора в почве, позволила достичь высокой урожайности сои в пределах 23-28 ц/га (табл.15). На карбонатной темно-каштановой почве с исходным содержанием подвижного фосфора 15 мг/кг оптимальный уровень фосфорного питания сои достигнут внесением 107 кг P_2O_5 на 1 га. На карбонатном черноземе, содержащем 22 мг/кг подвижного фосфора, для этого потребовалось внести 60 кг/га. В обоих случаях внесенные дозы обеспечили в конкретных погодных условиях года наибольшую достоверную прибавку урожая (табл.15).

Анализ зависимости урожайности сои от содержания подвижного фосфора в слабовыделоченном черноземе показал, что она характеризуется довольно высоким коррелятивным отношением (0,79), а количественная связь этих признаков описывается уравнением регрессии $Y = -2,62 + 0,29 - 6X^2 \cdot 10^{-4}$ где Y - урожай зерна, ц/га, X - содержание подвижного фосфора (по Чирикову), мг/кг почвы (рис.7).

Вычисления, выполненные на основе этого уравнения, показывают, что низкая урожайность сои (менее 15 ц/га) получается при содержании подвижного фосфора до 70 мг/кг почвы, а высокая (более 26 ц/га) - при содержании более 200 мг/кг почвы. Эти границы практически совпадают с пределами содержания подвижного фосфора, указанными в общепринятой градации почв по степени обеспеченности их фосфором.

Таблица 15

Влияние фосфорного удобрения на урожайность сои на карбонатных темно-каштановой и черноземной почвах (Сорт Ходсон. Плотность растений 310-320 тыс./га)

П о ч в а (год)	Исходное содержание P_{2O_5} , мг/кг	Доза P_{2O_5} , кг/га	Расчетное содержание P_{2O_5} , мг/кг	Урожай, ц/га	$НCP_{05}$ ц/га
Темно-каштановая карбонатная (1983)	15	0	15	15,3	5,8
		65	24	21,7	
		107	30	28,0	
		147	36	28,7	
Карбонатный чернозем (1986)	22	0	22	16,0	1,86
		30	26	18,7	
		60	30	21,4	
		120	39	23,0	
		150	43	22,0	

Содержание подвижного фосфора в почве не всегда предопределяет уровень урожайности сои. Как показали полевые опыты, при благоприятных погодных условиях высокий урожай сои (29-30 ц/га) был получен при содержании подвижного фосфора 150-160 мг/кг почвы. Однако и в этих условиях применение фосфорного удобрения в дозе 30-70 кг/га обеспечило достоверную прибавку урожая (табл. 16).

Таблица 16

Влияние фосфорных удобрений на урожайность сои в зависимости от содержания подвижного фосфора в слабообводненном типичном черноземе (Полевые опыты 1962-1967 гг.)

Доза P_{2O_5} кг/га	Содержание P_{2O_5} , мг/кг почвы					
	110	120	130	140	150	160
	Урожайность сои, ц/га					
0	21,9	27,0	18,0	28,0	30,0	29,0
37	22,1	30,0	21,3	28,8	37,5	34,0
71	24,3	40,0	23,7	34,8	40,0	33,0

Продолжение таблицы I6

I05	25,4	29,0	26,4	30,0	30,0	32,0
I47	27,1	27,0	26,4	29,0	28,0	33,0
НСР ₀₅	2,81	4,40	2,26	2,96	3,43	2,81

Величины относительной прибавки урожая от примененных доз фосфора на слабовыщелочном черноземе колебались по годам в значительных пределах. На почвах со средним содержанием подвижного фосфора (до 130 мг/кг) она в разные годы составляла 18-48%, при повышенном содержании (140-160 мг на 1 кг почвы) - 24-36%.

Коэффициенты корреляции и уравнения регрессии, характеризующие зависимость дозы фосфора от исходного содержания подвижного фосфора в почве, которые имеют следующие величины: $r = -0,63 \pm 0,21$, $Y = 308,92 - 16,68X$, где Y - доза P_2O_5 , кг/га, X - содержание подвижного фосфора (по Чирикову), мг/100 г почвы.

Уравнение регрессии позволило определить границы доз фосфора для каждой группы почв в соответствии с обеспеченностью их подвижным фосфором (табл. I7).

Таблица I7

Группировка слабовыщелоченных типичных черноземов по уровням содержания подвижного фосфора для выращивания сои

Уровень содержания P_2O_5 , мг/кг	Уровень урожайности, ц/га	Доза фосфора, кг/га
Низкий - менее 70	менее 15	150-200
Средний - 80-130	16-20	100-150
Повышенный - 140-190	21-26	40-100
Высокий - более 200	более 26	0-30

Отсутствует прямой обратнопропорциональной зависимости между величиной дозы фосфора и содержанием подвижных форм этого элемента.

в слабовыщелоченном типичном черноземе объясняется характером сорбции фосфатов в них. При малой насыщенности почв фосфатами требуются большие дозы фосфора, и только после достижения содержания подвижного фосфора в пределах 160-200 мг/кг требуется внесение небольших (30-40 кг/га) доз, компенсирующих вынос фосфора с урожаем.

Локально-рядковое внесение азота. В полевых микроделяночных опытах с использованием азотных удобрений, меченых по ^{15}N , установлено, что при внесении сульфата аммония в качестве стартового удобрения растения используют 33% от внесенного количества (K_3O), при применении мочевины и аммонийной селитры - только 16%, но продуктивность растений и вынос азота в первом случае на 20% меньше, чем во втором. Уменьшение отрицательного влияния внесенного минерального азота на симбиотический аппарат сси и повышение эффективности удобрений достигается при локально-рядковом внесении аммонийной селитры на глубину 7-10 см и в сторону от семян на 3-5 см.

Таблица 18

Влияние нитрагинизации, дозы и способы внесения азота на урожайность сои на лугово-черноземной почве

Вариант *	Урожай, ц/га			Средние за 1983-84 гг.		
	1981	1983	1984	урожай ^в ц/га	прибавка, ц/га	%
Контроль (б/у)	16,2	24,5	18,8	21,6	-3,6	-14,3
Нитрагин	20,9	26,0	24,3	25,2(100%)	-	-
Вразброс под культивацию:						
K_3O	18,3	24,5	22,2	23,4	-1,8	-7
K_6O	-	25,2	23,5	24,8	-0,4	-0,6
Нитрагин+ K_3O	22,6	27,4	26,1	26,8	+1,6	6,4
Нитрагин+ K_6O	-	28,2	26,4	27,3	+2,1	8,3
Локально-рядковым способом:						
Нитрагин+ K_3O	25,0	30,4	27,8	29,1	+3,9	15,5
Нитрагин+ K_6O	-	31,7	30,2	31,0	+5,8	23,0
HCP_{05}	1,0	1,5	2,1		2,3	

При осуществлении корневой и некорневой подкормок сои различными формами азота выявлено, что между способами подкормки и действием используемых форм азота нет существенного различия. Доля азота удобрений, поступающего в растения, составляет 23-37%.

Использование соломы в качестве органического удобрения. Целесообразность осенней заделки соломы под сою определяется главным образом тем, что в процессе ее минерализации повышается содержание CO_2 в припочвенном слое воздуха, устраняется ингибирующее влияние минерального азота на симбиотическую азотфиксацию. Возможность применения такого агроприема показана в работах Е.П.Мещустина (1961, 1980) В.И.Голод (1968), О.Е.Аврова (1977) и др. Однако эффективность этого агроприема не всегда одинакова и положительна, а механизм и характер влияния запаханной в почву растительных остатков на формирование и функционирование симбиотического аппарата еще не выявлен. Предположение о том, что в процессе минерализации соломы произойдет закрепление минерального азота почвой и уменьшится его отрицательное влияние на симбиотический аппарат не вполне оправдывается. Так, если судить по экспериментальным данным, приведенным в табл.19, то можно отметить, что одно и то же количество запаханной соломы в разные годы одинаково стимулирует формирование более мощного симбиотического аппарата, но конечный результат - повышение урожайности достигается не всегда.

Таким образом создание условий для формирования симбиотического аппарата не является доминирующим фактором в обеспечении сои азотом. Интенсивность биологического закрепления минерального азота почвы или, наоборот, интенсивность вымывывания при минерализации органики в почве могут предопределить тип азотного питания и

продуктивность растений сои в целом. Так после осенней заправки гречишной соломой, содержащей около 1% азота, симбиотический аппарат не формировался, по-видимому, из-за повышенного содержания аммонийного азота в почве (более 20 мг/кг), но прибавка урожая от заправки этой соломой была существенной.

Таблица 19

Влияние заправки соломой на урожайность сои и ее симбиотический аппарат на слабовыщелоченном тигичном черноземе.

В а р и а н т	1979	1983	1985
	Урожай, ц/га		
N30 P90 (весной под культивацию) (фон)	24,8	26,7	22,6
Зон + 2 т соломы/га	+4,3	+5,5	+1,8
Зон + 3 т соломы/га	+5,6	-	+0,8
НСР ₀₅	2,6	3,9	F < F ₀₅
	Число клубеньков, шт/растение		
N30 P90 (фон)	243	147	157
Зон + 2 т соломы/га	360	нет	197
Зон + 3 т соломы/га	320	-	219
НСР ₀₅	37	-	17
	Масса клубеньков, мг/растение		
N30 P90 (фон)	215	58	233
Зон + 2 т соломы/га	290	нет	312
Зон + 3 т соломы/га	268	-	349
НСР ₀₅	29	-	48
	Активность нитрогеназы, нМ С ₂ Н ₄ /г.ч		
N30 P90 (фон)	2,7	7,1	17
Зон + 2 т соломы/га	4,4	нет	31
Зон + 3 т соломы/га	4,9	-	32
НСР ₀₅	F < F ₀₅	-	8,4

Отмечено, что при внесении соломы в почву происходит активация многих биологических процессов, в результате которых в почве появляются физиологически активные соединения (ИУК, триптофан, гиббереллин и др.). Это нашло подтверждение в работах *Janefsky* и др. (1960), *Fathagathia* и др. (1983), *El-Bahrany* (1983). Положительное влияние этих соединений на симбиотическую азотфиксацию нашло подтверждение в условиях наших вегетационных опытов.

Удобрение и качество зерна сои. Выявлены значительные сортовые различия сои как по урожайности, так и по качеству формируемого зерна, что обусловлено, по-видимому, их генетическим потенциалом. Повышение уровня азотного питания растений сои путем применения азотных удобрений увеличивает содержание азотистых соединений в биомассе растений и обильный выход сырого белка с единицы площади, одновременно повышается содержание воднорастворимых белковых фракций и ценных аминокислот (лизина, цистина и лейцина). Преобладание симбиотрофного типа азотного питания уменьшает количество небелкового азота в зерне.

На контрольных вариантах (без применения азотных и фосфорных удобрений) содержание белка и масла в зерне сои всех сортов, как правило, выше. Но при создании условий, обеспечивающих благоприятное сочетание авто-и симбиотрофного азотного питания растений сои вместе с ростом урожайности обеспечивается высокий выход качественного растительного белка и масла с единицы площади. Обеспечение высокого уровня минерального, и в частности фосфорного, питания растений сои способствует повышению масличности, уменьшает содержание линоленовой кислоты в зерне сои, повышает жизнеспособность семян.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На слабовыщелоченных черноземах и лугово-черноземных почвах Северного Кавказа при возделывании сои при срезании преобладает автотрофный тип азотного питания, что обусловлено повышенным содержанием минерального азота в почве. На карбонатных темно-каштановых почвах и обыкновенных черноземах в богарных условиях недостаток влаги в верхнем слое почвы сдерживает формирование и активность симбиотического аппарата сои, что также является причиной преобладания автотрофного типа азотного питания растений на этих почвах.

2. Коэффициент симбиотической азотфиксации сои в большинстве случаев составляет 0,3-0,4. В малогумусных карбонатных почвах в годы с повышенным количеством осадков в летний период доля азота, накапливаемого в биомассе растений за счет симбиотической азотфиксации, достигает 60-66%.

3. Средний вынос азота, фосфора и калия в расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы при благоприятном сочетании автотрофного и симбиотрофного азотного питания, когда достигается наибольшая урожайность сои, составляет соответственно 90, 16 и 30 кг/га.

4. Установлены пределы содержания основных элементов (ХРК) в листьях сои, при которых растения проявляет низкую, среднюю и высокую продуктивность. Прямая достоверная положительная корреляция содержания азота и фосфора в листьях и урожайности позволяет использовать анализ химического состава их для оценки питания сои.

5. Симбиотический аппарат сои проявляет специфическую реакцию на различные формы и концентрации минерального азота в питательной

среде. Аммонийный азот даже в малых концентрациях (более 5 мг/л питательного раствора и более 20 мг/кг почвы) оказывает ингибирующее влияние на формирование и функционирование симбиотического аппарата. Нитратный азот оказывает такое же действие только при концентрациях в 3-6 раз выше. Вклад симбиотрофного азотного питания сси в общее накопление азота в биомассе растений выше при преобладании нитратного азота в почве.

6. Урожайность сои всегда положительно коррелирует с содержанием гумуса и суммой минерального азота в почве ($r = +0,6-0,8$ при $T_3 > T_{05}$). Зависимость урожайности сои от исходного содержания нитратного или суммы нитратного и аммонийного азота описывается следующими уравнениями регрессии: $Y = 11,68 + 11,41 (NO_3)$ и $Y = 11,69 + 3,14 (NO_3 + NH_4)$, где Y - урожайность, ц/га, NO_3 - нитратный азот, мг/100г., $(NO_3 + NH_4)$ - минеральный азот, мг/100 г.

7. Количественная зависимость дозы стартового азотного удобрения от содержания минерального ($NO_3 + NH_4$) или только нитратного азота описывается следующими уравнениями: $Y = 105,32 - 0,798 (NO_3 + NH_4)$ и $Y = 104,33 - 1,15NO_3$. При содержании весной перед посевом сси в пахотном слое минерального азота 120 или только нитратного азота 96 кг/га (1 мг/кг эквивалентен 24 кг азота на 1 га) нет необходимости применять стартовое азотное удобрение.

8. Степень зависимости урожайности сои от содержания подвижного фосфора определяется следующими величинами коррелятивных отношений: для карбонатных темно-каштановых и черноземных почв $\eta = 0,73$, для слабовыщелоченных типичных черноземов - $\eta = 0,79$. Установленная количественная зависимость этих показателей позволяет уточнить границы содержания подвижного фосфора, соответствующие различным уровням обеспеченности.

9. Слабовыщелоченные типичные черноземы обладают высокой емкостью поглощения фосфатов. В зависимости от механического состава и исходного содержания подвижного фосфора в них для увеличения этого показателя на 1 мг/100 г требуется внести на 1 га от 35 до 185 кг P_2O_5 .

10. Критическим уровнем низкого содержания азота в листьях сои в фазу цветения является 2% на сухое вещество. Необходимость в азотной подкормке сои появляется при содержании общего азота в индикаторном листе менее 3%. Величина прибавки урожая зерна сои отрицательно коррелирует с содержанием азота в 4-ом листе (X) - $r = -0,97$, а количественная связь этих показателей описывается уравнением $Y = 10,48 - 4,021X + 0,359X^2$. Дефицит азота в листьях сои в фазу цветения является основой для определения количества азота, необходимого для подкормки растений.

11. Коэффициенты использования азота растениями сои из разных удобрений, установленные с помощью изотопа ^{15}N , составляют при внесении удобрений при посеве - 0,18-0,33, в подкормку - 0,25-0,37. Большой коэффициент использования азота, внесенного в подкормку, достигается при использовании мочевины.

12. Локальное внесение азотных удобрений при посеве повышает их эффективность на 1,6-3,3 ц/га и выше по сравнению с внесением их под предпосевную культивацию. Локально-рядковое размещение удобрений оказывает меньшее отрицательное влияние на формирование и активность симбиотического аппарата сои.

13. Осенняя заплата соломы под сою устраняет ингибирующее действие повышенного количества минерального азота в почве на формирование и активность симбиотического аппарата сои, стимулирует

активность сопутствующих микроорганизмов, в частности азотобактера, что приводит к росту числа и массы клубеньков и способствует большему накоплению азота растениями сои.

14. Физиологически активные соединения (гиббериллин, индолуксусная кислота, триптофан), внесенные в субстрат, на котором выращивается соя, способствуют формированию большого числа клубеньков, усиливают рост растений, что положительно сказывается на общей продуктивности растений сои.

15. При симбиотрофном азотном питании растений формируется зерно сои с большим содержанием воднорастворимых белков. Преобладание автотрофного азотного питания приводит к снижению содержания в зерне этой фракции белка и увеличивает количество небелкового азота. Обеспечение оптимального уровня фосфорного питания усиливает симбиотрофное питание растений, способствует увеличению маслячности, уменьшению содержания леволеновой кислоты в зерне и повышает жизнеспособность семян сои.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

При планировании и осуществлении внесенных удобрений под сою на карбонатных темно-каштановых, черноземных, слабовыщелоченных типичных черноземных и лугово-черноземных почвах предлагается придерживаться следующих принципов:

1. Оценку необходимости и выбор дозы фосфорного удобрения проводить с учетом группировки почв по уровню обеспеченности их фосфором, приведенной в работе.

2. Целесообразность внесения стартовой дозы азота определять по содержанию минерального (или только нитратного) азота в пахот-

ном слое почвы. При содержании минерального азота 120 кг/га (нитратного 96 кг/га) азотное удобрение применять не следует. При меньшем содержании азота в почве дозу удобрения определять по формуле: $У = 105,32 - 0,798(\text{NO}_3 + \text{NH}_4)$ или $У = 104,36 - 1,15\text{NO}_3$, где $У$ - доза азота, кг/га, $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ - минеральный азот в почве, мг/100г.

3. Стартовую дозу удобрения, если она необходима, внести лопально-рядковым способом одновременно с посевом.

4. Необходимость азотной подкормки устанавливать по содержанию азота в листьях в фазу цветения. Дозу азота для корневой или некорневой подкормки сои определять по предложенной шкале с учетом ожидаемой урожайности и дефицита азота в четвертом листе.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Нагорный В.Д. Проблема производства зернобобовых в тропиках и субтропиках. / В сб. науч. тр. "Удобрение тропических и субтропических культур. - М.: УДН, 1981, с.46-52.

2. Нагорный В.Д., Коренько Л.Э. Соя в смешанных посевах засушливой зоны Западной Калмики. Там же. с.53-57.

3. Нагорный В.Д., Ляшко М.У. Влияние азотного удобрения на урожай зеленой массы пожнивной сои при орошении / В сб. науч. тр. "Рациональное использование пестицидов, удобрений и почва в тропиках и субтропиках". - М.: УДН, 1983, с.50-58.

4. Нагорный В.Д. Система удобрения зернобобовых культур. Учебн. пособие "Система удобрения тропических и субтропических культур". - М.: УДН, 1984, с.35-50.

5. Нагорный В.Д. Удобрение сои. В учебн. пособии: "Система удобрения тропических и субтропических культур". - М.: УДН, 1984, с.42-47.

6. Нагорный В.Д., Плотников В.Г. Продуктивность смешанных посевов кукурузы и сои на сероземе Голодной степи /В сб. науч. тр. "Пути повышения производства растительного белка". - М.: УДН, 1984, с.36-44.

7. Нагорный В.Д., Плотников В.Г. Аминокислотный и жирнокислотный состав зерна сои. Там же. с.133-146.

8. Нагорный В.Д., Ляшко М.У. Зерновая продуктивность сортов комбинированного направления в Краснодарском крае. /В сб. науч. трудов УДН. - М.: УДН, 1985, с.38-42.

9. Нагорный В.Д., Ляшко М.У., Кагита Рэма Рао. Влияние форм азотных удобрений на урожай сои на лугово-черноземной почве. / В сб. науч. тр. "Севообороты и плодородие почв тропиков и субтропиков". - М.: УДН, 1985, с.83-89.

10. Нагорный В.Д. Логарифмический способ внесения удобрений в экспериментальных целях /Тезисы докл. XII Всесоюз. координ. научн. метод. совещ. "Совершенствование системы диагностики питания с.-х. культур". - М., 1985, с.21.

11. Нагорный В.Д., Кагита Р.Р., Зоманта М. Повышение эффективности использования азотных удобрений /Материалы научн. конф. "Основы повышения продуктивности с.-х. развивающихся стран". - М.: УДН, 1985, с.97.

12. Нагорный В.Д. Определение потребности сои в стартовом азотном удобрении / Тезисы докл. XII Всесоюз. координ. научн. метод. совещания по диагностике питания с-х культур. - М.: 1987, с.141.

13. Нагорный В.Д. Оптимальные уровни содержания азота и фосфора в почве при выращивании сои / В сб. научн. тр. "Вопросы интенсификации с-х производства". - М.: 1987, с.43-45.

14. Нагорный В.Д., Сила Рэма Прасад. Влияние уровня фосфорного и цинкового питания на продуктивность сои / Там же. с.45-47.

15. Нагорный В.Д., Джагендра Сингх. Влияние уровня фосфорного питания на продуктивность сои и активность симбиотической азотфиксации. / В сб. научн. тр. "Проблемы тропического и субтропического с.-ва". М.: УДН, 1986, с.37-42.

16. Нагорный В.Д. Влияние нитратного и аммонийного азота почвы на продуктивность симбиотической азотфиксации растений сои. / В сб. научн. тр. "Вопросы интенсификации с-х производства в тропиках и субтропиках". М.: УДН, 1987, с.29-37.

17. Нагорный В.Д., Солохина Е.В., Характер влияния смешанных и чистых культур азотобактера и ризобиума на симбиотическую азотфиксацию и продуктивность сои. / В сб. научн. тр. "Проблемы тропического и субтропического с-х". М.: УДН, 1988, с.42-47.

18. Нагорный В.Д., Ляшко М.У. Влияние азотистого и натриного азота питательной среды на содержание свободных аминокислот в органах молодых растений сои. / В сб. научн. тр. "Актуальные проблемы тропического и субтропического растениеводства" М.: УДН, 1988, с.27-31.

19. Нагорный В.Д. Определение оптимального уровня фосфорного питания сои на слабовыделоченном черноземе. / В сб. научн. тр. "Повышение продуктивности сельского хозяйства тропиков и субтропиков". М.: УДН, 1988, с.70-77.

20. Нагорный В.Д., Ляшко М.У., Солохина Е.В. Диагностика питания сои. Метод. указания. М.: УДН, 1988, 20 с.

21. Нагорный В.Д. Диагностика минерального питания сои. / Матер. научн. конф. сельскохоз. ф-та УДН. 1989, с.29.

22. Нагорный В.Д., Сива Рама П. Оценка сбалансированности минерального питания сои по соотношению элементов (азот, фосфор, цинк) в листьях. / Материал. научн. конф. сельскохоз. ф-та УДН. 1989, с.30.

23. Нагорный В.Д., Сива Рама П. Влияние уровней цинкового и фосфорного питания на симбиотическую азотфиксацию и урожайность сои. / Материал. научн. конф. сельскохоз. ф-та УДН. "Вопросы интенсификации производства с-х продуктов" М.: УДН, 1989, с.27-29.
24. Нагорный В.Д. Оценка потребностей сои в азотной подкормке. / Материалы научн. конф. УДН по методам исследований в с-х. М.: УДН, 1989, с.23.
25. Нагорный В.Д. Диагностика минерального питания сои. Материалы научно-теорет. конф.: "Вопросы интенсификации с-х производства". М.: УДН, 1989, с.15.
26. Нагорный В.Д. Зависимость прибавки подвижного фосфора в почвах от дозы фосфорного удобрения, механического состава и исходного количества подвижного фосфора в них. / Материалы научн. конф. УДН по методам исследований в с-х. М.: УДН, 1989, с.30.
27. Нагорный В.Д., Ляшко М.У. К методике определения симбиотической азотфиксации. Там же. с.31.
28. Нагорный В.Д. Способ внесения удобрений и устройство для его осуществления. - Авт. свид. на изобретение № 1660131, 1983.

Л-29314 6/ХП-89 г. Объем 3 п. л. Заказ 3011. Тираж 100

Типография Московской с.-х. академии им. К. А. Тимирязева
127550, Москва И-550, Тимирязевская ул., 44

