

ГЛАВА V

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК АЗОТНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ И МОЛИБДЕНОМ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У СОИ

Внекорневые подкормки растений оказывают большое влияние на биохимические процессы у растений. Изменение процессов дыхания, фотосинтеза и активности ферментов приводит к изменению соотношения запасных веществ в растениях. Подкормками можно изменить направленность биохимических процессов в сторону увеличения различных компонентов в растении, применяя для этого макро- и микроэлементы. Например, азотные удобрения способствуют накоплению в растении белка и снижению жира.

В имеющейся литературе за период с 1900 г. по 1963 г. из 1034 наименований книг и статей по внекорневым подкормкам ни одной нет по сое.

На Дальнем Востоке соя — основная зернобобовая культура, семена которой содержат до 23% масла и до 40% белка, что позволяет использовать ее в пищевой и кормодобывающей промышленности.

В качестве удобрений растений часто применяют микроэлементы, а на бобовых культурах — в частности молибден. Возможность усвоения молибдена через листья и повышения урожая и белка разных сельскохозяйственных культур показана в ряде работ (Ленденская, Онопричук, 1964; Гречухина, 1955; и др.).

Исследованиями прошлых лет установлена исключительная роль молибдена в азотном обмене. При отсутствии или недостатке молибдена в питательной среде наблюдается снижение содержания амидов и аминокислот в растении (Собачкин, 1958). Николь и Назон (1955) указывают, что активность нитратредуктазы пропорциональна содержанию в ферменте молибдена. Растительные клетки при отсутствии молибдена не способны восстанавливать нитратный азот до аммиака. Работами недавних лет (Ратнер, Буркин, 1959) установлено, что этот микроэлемент повышает активность группы ферментов фосфатаз и участвует в фосфорном обмене растений.

Особое значение молибдена для бобовых культур обусловле-

но его участием в фиксации молекулярного азота клубеньковыми бактериями. Известно, что в отсутствии молибдена клубеньковые бактерии не фиксируют азот из воздуха. Люцерна, не имевшая на корнях клубеньков, не реагировала на молибден (Райзенауэр, 1956). М. В. Федоров (1948) на примере водных культур установил усиление фиксации молекулярного азота клубеньковыми бактериями на 74% при действии молибдена. Необходимость молибдена здесь явная.

В почвах молибден находится в виде трехвалентного молибдат-иона (MoO_4), подвижность которого зависит от катионов, связанных с ним. Молибденовые соли щелочных или щелочно-земельных катионов легко растворимы в воде. В кислых почвах молибдат-ион образует труднорастворимые соли с ионами железа или его гидроокисями (Робинзон и др., 1954; Мульдер, 1954). Таким же образом на поведение молибдена в кислой почве действуют активные алюминий и марганец (Плант, 1953). Молибден связан с минералами почв и ее органическими веществами (Баршад, 1951). Поэтому, хотя в лугово-бурых почвах Приморья содержится 0,23 мг/кг подвижного молибдена (Грицун и др., 1963), в кислых почвах он труднодоступен растениям (Виноградов и др., 1948; Шефер и Шахтшабель, 1956). Известкование кислых почв усиливает доступность сельскохозяйственным культурам молибдена из почвы (Кедров-Зихман, 1954). Некоторые ученые (Уокер, 1954) говорили о том, что внесение молибденовых удобрений можно заменить известкованием почв, но с этим нельзя согласиться, так как, если в почвах мало молибдена или его нет совсем, то не поможет и известкование. Такие почвы нуждаются в молибдене и его нужно вносить.

Опыты по применению молибдена на Дальнем Востоке под сою показали его высокую эффективность (Куркаев и Голов, 1962; Куркаев и Курдин, 1961; Куркаев, 1963; Грицун и Сазонова, 1963; Соколова, 1966; и др.), ибо почвы Приморского края бедны азотом и молибденом и нуждаются в их дополнительном внесении.

Наибольшее количество питательных веществ соя потребляет во время цветения и бобообразования. Применение корневой подкормки в этот период затруднено из-за смыкания растений в рядках. Поэтому важное значение приобретают внекорневые подкормки.

Мы занимались изучением вопроса влияния азотных удобрений и молибдена путем нанесения их растворов на листья на некоторые биохимические процессы. Рассмотрим вопросы действия внекорневых подкормок аммиачной селитрой, мочевиной и молибденом на формирование урожая, его качество и проследим за изменениями, происходящими в процессе накопления белка, жира, ненасыщенных жирных кислот и других компонентов семян сои.

Методика проведения опытов и лабораторных исследований

Полевые опыты проводились совместно с кафедрой растениеводства Приморского сельскохозяйственного института на его опытном поле (с. Воздвиженка, Уссурийского района) в 1964—1965 гг. на лугово-бурых оподзоленных почвах, содержащих в пахотном горизонте подвижные формы нитратного азота — 3,8 мг, фосфор — 2,5 мг, калий — 7,0 на 100 г почвы; рН солевой — 5,3. Повторность полевых опытов 4—6-кратная, аналитическая — 4-кратная.

Сорт сои Приморская 529 высевали ленточным способом с междурядьем 51×15 см по 2 строчки в ленте. В течение вегетации опытные посеы сои находились в чистом от сорняков состоянии, что необходимо для эффективности подкормки.

В начале периода образования бобов сою подкармливали 1%-ным раствором аммиачной селитры и 3%-ным раствором мочевины по 500 л/га и 0,05%-ным раствором молибдата аммония из расчета 600 л/га (300 г д. н.). Кроме этого, семена перед посевом опрыскивали раствором молибдата аммония (25 г Мо д. н. на 2 л воды на гектарную норму высева семян).

Подкормку проводили рано утром, т. к. листья содержат утром и вечером большее количество цитоплазматических нитей, которые обеспечивают тургор их, чем в дневные часы (Уиттвер и др., цит. по Петербургскому, 1965). Уборка проведена в первой половине октября ручным способом (серпами), обмолот — на малогабаритной молотилке. Урожай учитывали со всего растения.

Для химических анализов отбирали по 50 растений с делянки в течение всего периода вегетации, через определенный интервал. Анализировали семена только со среднего яруса, зафиксированные водяным паром в течение 15—20 минут и просушенные при 60°. Влажность учитывали по сухому остатку. Вес 1000 семян определяли из среднего образца, взятого по методу «треугольника», количество жира — по Рушковскому (1957) методом сухого остатка, путем настаивания навески муки в сухом серном эфире с последующей отгонкой в аппарате Сокслета.

Для получения препарата масла соевую муку экстрагировали сухим и чистым серным эфиром. Из отфильтрованного эфиромасляного экстракта отгоняли эфир в аппарате Сокслета, а масло во избежание его окисления просушивали при 60° под током углекислоты. Кислотные числа его определяли путем титрования спиртово-эфирного раствора жира 0,1 н спиртовой щелочью (Белозерский и др., 1951). Степень ненасыщенности жирных кислот (йодные числа) определяли методом Гануса (Ермаков, Арасимович и др., 1952), жирнокислотный состав — спектрофотометрическим методом¹. Замеры производили на спектрофотометре.

В обезжиренной навеске муки содержание общего азота определяли по Кьельдалю (Товарницкий и др., 1935) с последующим пересчетом на белок, водорастворимый азот и его белковую и небелковую фракции в водной вытяжке соевой муки — путем осаждения белкового азота уксуснокислым свинцом (Белозерский, Проскураков, 1951).

Общее содержание молибдена в семенах и листьях сои определяли фотоколориметрическим методом по Г. Я. Ринькису (1963)².

Формирование урожая сои под влиянием внекорневых подкормок

В 1963 г. нами проведены предварительные опыты по сравнению эффективности корневых и внекорневых подкормок азотистыми удобрениями.

При внесении аммиачной селитры при корневой и внекорневой подкормках эффект в урожае идентичен (табл. 1).

Таблица 1
Влияние подкормок азотистыми удобрениями на урожай семян сои
(1963 г.)

Вариант опыта	Урожай семян, ц/га	Прибавка уро- жая, ц/га	Вес 1000 семян, г
Контроль	17,9	—	162,3
Внекорневая подкормка	18,9	1,0	176,1
Корневая подкормка	18,9	1,0	174,8

В 1964 г. при опрыскивании растений раствором аммиачной селитры и мочевины получен дополнительный урожай (1,1 и 2,3 ц/га соответственно): 7% от селитры и 14,4% от мочевины (табл. 2). При повторении опыта с внекорневыми подкормками в 1965 г. прибавки урожая от селитры не наблюдалось, а от мочевины она составила 1,4 ц/га, или 7% по отношению к контролю (табл. 2).

Таким образом, применение аммиачной селитры при опрыскивании ею растений сои устойчивой прибавки урожая мы не получили. Опрыскивание мочевиной положительно сказалось на накоплении урожая. В среднем за два года прибавка урожая

¹ Инструкция № 414 материалов к расширенному 21 пленуму Ученого совета ВНИИЖ 11—14 июля 1962 г., Л.

² Анализы проведены В. И. Головым.

Таблица 2

Эффективность внекорневых азотных подкормок сои на урожай семян
(1964—1965 гг.)

Вариант опыта	1964 г.			1965 г.		
	Урожай ц/га	прибавка урожая		урожай, ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	15,9	0	100	18,4	0	100
Аммиачная селитра	17,0	1,0	107,0	18,2	-0,2	99,0
Мочевина	18,2	2,3	114,4	19,8	1,4	107,0

семян составила 1,8 ц/га, причем была устойчивой по сравнению с аммиачной селитрой. Это объясняется тем, что мочевина является органической формой удобрения и отличается от минеральной тем, что опрыскивание ею растений положительно влияет на них, даже при полной обеспеченности азотом через корни, и способствует лучшему использованию азота из почвы. При корневом и внекорневом питании азот мочевины в больших количествах поглощается растениями и быстрее синтезируется в белки (Калинкевич, 1961), чем азот других форм азотных удобрений. В процессы обмена веществ мочевина включается иначе, чем азот при нитратном и аммиачном минеральном питании. Амидный (NH_2) азот мочевины включается непосредственно в процессы азотного обмена, подобно аспарагину и глутамину, минуя стадию превращения мочевины в аммиак. Опрыскивание мочевиной растений способствует усиленному образованию свободных аминокислот, содержащих сульфгидрильные группы (метионин, цистеин и трипептид-глутатин), которые играют важную роль в процессах обмена веществ, роста и закладки репродуктивных органов, за счет которых увеличивается урожай.

За два года проведения опытов с подкормкой сои молибдатом аммония эффект получен устойчивый, и урожайность составила 2,4—4,5 ц/га. Наилучший результат получен в варианте с опрыскиванием растений и семян (т. е. от предпосевной обработки семян плюс внекорневая подкормка) — 18 ц/га при контроле 13,5 ц/га (табл. 3). Кроме того, молибден оказал положительное влияние на развитие клубеньков на корнях сои, что выразилось в увеличении веса клубеньков на 1,2 г и количества их на 14 шт. на одно растение.

Увеличение урожайности сопровождалось повышением количества сухого вещества с одновременным снижением оводненности семян (рис. 1 и 2). Накопление сухого вещества на контрольных делянках происходит наиболее интенсивно до 20 сентября, что совпадает с периодом пожелтения бобов и опадения листьев.

Таблица 3
Влияние молибдена на урожай семян сои Приморская 529
(1964—1965 гг.)

Вариант опыта	1964 год			1965 год		
	урожай семян, ц/га	прибавка урожая		урожай семян, ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	13,5	—	—	18,4	—	—
Опрыскивание растений	16,0	2,5	18,5	20,8	2,4	13,0
Опрыскивание семян и растений	18,0	4,5	33,3	22,0	3,6	19,6

Затем темпы накопления снижаются и к моменту начала созревания семян (в начале октября) кривая выравнивается, а количество сухого вещества становится относительно стабильным.

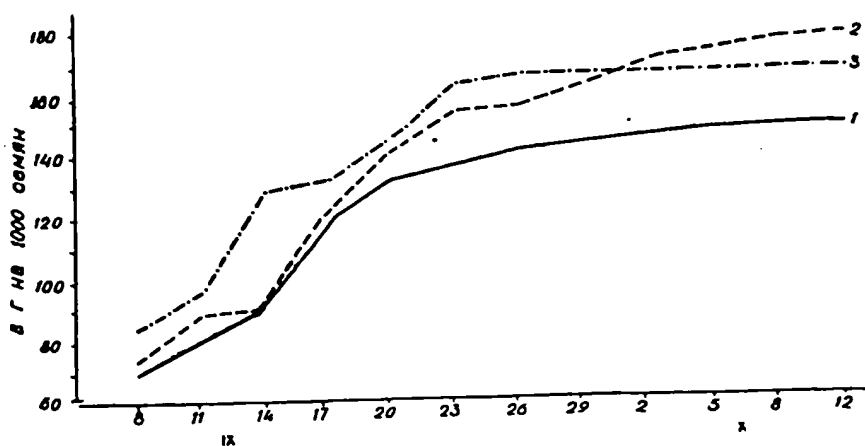


Рис. 1. Влияние азотных подкормок на изменение абсолютного веса семян сои (1964 г.): 1 — контроль; 2 — аммиачная селитра; 3 — мочевина.

При опрыскивании растений сои растворами аммиачной селитры и мочевины рост сухого вещества происходит интенсивнее, чем на контроле; темпы накопления при этом намного выше, а снижение количества происходит позднее (23/IX). С первых чисел сентября уже заметно превосходство в скорости накопления сухого вещества от азотных подкормок: если к этому времени в контрольных семенах его накопилось только 67 г, то при опрыскивании раствором селитры — 71 г, мочевины — 83 г на 1000 семян. На протяжении всего периода развития семян темпы накопления сухого вещества в опыте были выше, чем в конт-

роле, и при полном созревании абсолютный вес составил на контроле 146,6 г, в опыте с селитрой — 175,2 и мочевиной — 167,3 г.

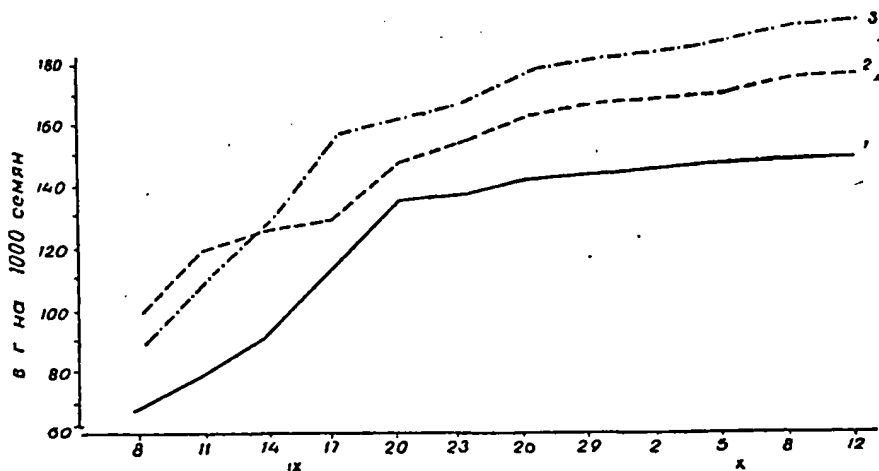


Рис. 2. Влияние молибдена на изменение абсолютного веса семян сои (1964 г.): 1 — контроль; 2 — опрыскивание растений; 3 — опрыскивание семян и растений.

При опрыскивании раствором молибдата аммония семян и растений сои темпы накопления сухого вещества обгоняют темпы накопления его в контрольных растениях, особенно в варианте с двойным воздействием молибдена (обработка семян плюс внекорневая подкормка, рис. 2). Продолжительность накопления сухого вещества по сравнению с контролем на шесть дней затягивается. Если на контрольных растениях накопление сухого вещества в семенах заканчивалось 20 сентября с показателями 112,5 г, то к этому времени на опытных растениях его накопилось 144—160 г на 1000 семян. А в период полного созревания вес 1000 семян на контрольных растениях составлял 146,6 г, при опрыскивании раствором молибдена растений — 172,8 г, при опрыскивании им семян и растений — 190,8 г.

Наименьшему урожаю соответствует наименьший вес 1000 семян (на контроле), наибольшему урожаю — наивысший абсолютный вес (вариант с молибденом). Значит увеличение урожая происходит за счет повышения содержания сухого вещества.

Опыты 1964 г. подкреплены данными опытов следующего года. При созревании семян оказалось, что в них сухого вещества на контроле накопилось 216,4 г, при подкормке аммиачной селитрой — 208,7 г, мочевиной — 218,0 г и молибденом — 218,3—

250,0 г на 1000 семян. Исключение составил вариант с селитрой, где снизился абсолютный вес семян, что понизило урожай.

Данные наших опытов по влиянию азотных удобрений и молибдена на накопление урожая не расходятся с литературными (Бойко и Саввина, 1940; Дробков, 1949; Беликов 1952; Петербургский и Сидорова, 1957; Неклюдов, 1956; Ратнер и Буркин, 1959; Скрипченко, 1959; Куркаев, Голов, 1962; Грицун, Сазонова, 1963; Соколова, 1966; и др.).

При нанесении на листья растворов азотных удобрений и молибдена наблюдали сильное развитие вегетативной массы сои, за счет чего увеличивалась ассимиляционная поверхность растений, способствующая повышению фотосинтезирующей деятельности. По данным некоторых авторов (Мацков, Бузовер, 1947), при внекорневых подкормках происходит изменение направленности ферментов и биохимических реакций, интенсивнее протекает процесс дыхания, активизируется работа клубеньков. Кроме того, при нанесении на листья питательного раствора может измениться поглощение корнями того же самого вещества и других. Некоторыми исследователями показано, что при нанесении азотных удобрений на листья растения больше используют азот самой почвы, чем в контрольном варианте. Это установлено многими авторами экспериментально. Так, в опытах с помидорами (Мацков, Иконенко, 1958) внекорневая подкормка раствором мочевины способствовала усиленному поглощению P^{32} корнями.

Таким образом, опрыскивание семян и листьев раствором молибдата аммония и листьев растворами азотных удобрений — дополнительный источник питания к основному корневому, что способствует увеличению количества урожая сои. Следует отметить, что действие молибдена оказалось более эффективным на формировании урожая по сравнению с азотными удобрениями.

Но при изменении количества сухого вещества под влиянием аммиачной селитры, мочевины и молибдата аммония изменилось и его качество. Содержание основных запасных веществ в семенах не является стабильным и может изменяться при действии многих факторов. Так, изменение количества белка М. И. Смирнова и М. П. Лаврова (1934) связывают с изменением сортности, Н. Н. Иванов (1929) — с условиями произрастания, А. Мильский (1935) — с метеорологическими условиями и т. д.

Минеральное питание — также фактор, с помощью которого можно направить синтез либо в сторону увеличения масла, либо в сторону увеличения белка. Так, при применении фосфорных удобрений увеличилось содержание жира в семенах сои на 0,5—0,9%, а внесение извести на кислых почвах способствовало увеличению белков. При корневой подкормке сои аммиачной селитрой (Беликов, 1952) содержание азотистых веществ увеличилось более, чем на 25%.

Накопление азотистых веществ в созревающих семенах сои при подкормке

О химическом составе семян сои написано большое количество работ (Смирнова, Лаврова, 1934; Лещенко с сотр. 1948; Markley и Gross, 1944; и др.). В семенах содержится до 40% белка, но количество его не стабильно и может изменяться от воздействия разных факторов. В наших опытах действовал один из них — минеральное питание.

Мы проследили за процессом накопления азотистых веществ в семенах сои на контрольном участке (рис. 3) и при внекорневой подкормке растений аммиачной селитрой (рис. 4), мочевиной (рис. 5) и молибденом (рис. 6 и 7) в опыте 1965 г. Оказалось, что содержание общего азота (рис. 3) в семенах, начиная

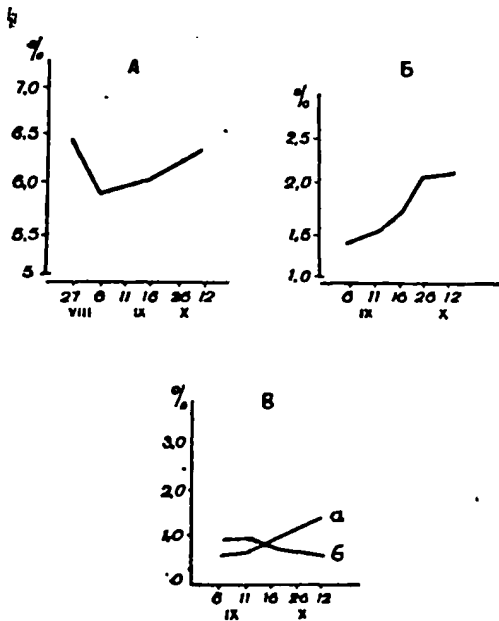


Рис. 3. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

с раннего периода их образования и до полного созревания, изменяется незначительно, и в зрелых количество его на контроле составило 6,27%.

Большие изменения в процессе созревания семян наблюдаются в содержании отдельных групп азотистых веществ. Так, в период от начала пожелтения бобов (16 сентября) и до полного созревания их (половина октября) увеличивается образование

водорастворимых форм белка, а процесс маслообразования замедляется.

Накопление азотистых веществ сопровождается увеличением содержания их водорастворимых форм. В процессе созревания семян количество водорастворимого азота возрастает, как и его белковая форма, количество небелкового азота падает (рис. 3).

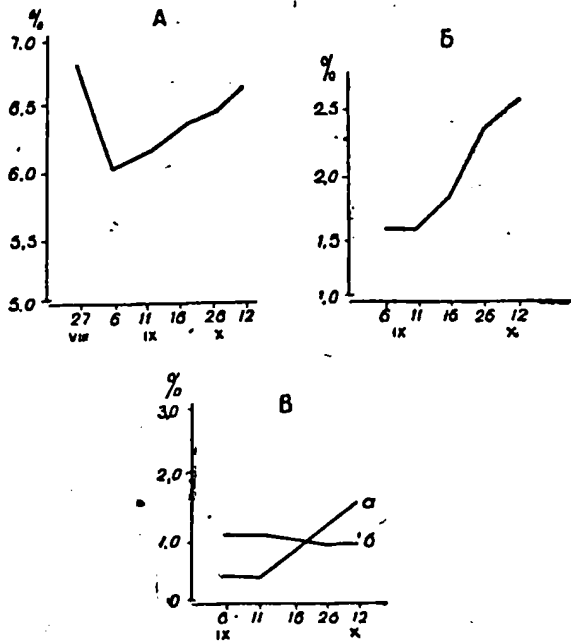


Рис. 4. Влияние аммиачной селитры на динамику накопления азотистых веществ в семенах сои (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

При опрыскивании растений раствором аммиачной селитры наблюдаются некоторые изменения в накоплении азотистых веществ (рис. 4). Содержание общего азота в начальный период формирования семян 27 августа на контроле было ниже (6,44%), чем при действии селитры (6,84%). То есть уже в начале образования семян ощущается влияние подкормки, и в процессе всего периода созревания темпы накопления азота в опыте были выше, по сравнению с контролем. В зрелых семенах на контроле содержалось 6,27%, а в опыте — 6,63% общего азота. Повышение последнего произошло за счет водорастворимой формы, накопление которой наблюдалось тоже с первоначального периода образования семян до полного их созревания, в основном за счет повышения белкового азота и небелкового. В зрелой сое, в варианте с селитрой накопилось на 0,4% больше водорастворимого азота

и на 0,14% — белкового с одновременным увеличением небелкового азота на 0,26%, по сравнению с контролем.

Действие мочевины (рис. 5) на динамику азотистых веществ оказалось идентичным селитре, правда темпы накопления общего азота были выше от опрыскивания раствором мочевины. Водорастворимый азот увеличил темпы накопления по сравнению

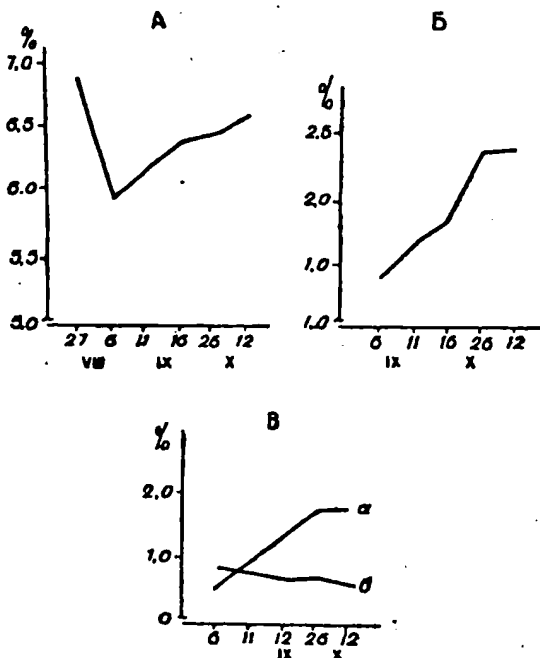


Рис. 5. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием мочевины (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

с контролем, уже начиная с 6 сентября, и к 12 октября в контрольных семенах его было 2,16%, а в опыте с мочевиной — 2,48%. При этом динамика белкового азота превышала темпы накопления по сравнению с контролем и вариантом с селитрой, что в конечном итоге составило 1,32% на контроле, 1,52% — в опыте с селитрой, 1,65% — при действии мочевины. Количество небелкового азота в варианте с мочевиной снизилось очень незначительно (на 0,05%), в пределах ошибки, но темпы накопления за весь период формирования семян были низкими в сравнении с контролем.

Таким образом, нами было рассмотрено влияние отдельных азотных удобрений на динамику азотистых веществ семян сои.

Действие молибдена тоже сказалось эффективно на азотный обмен. При подкормке им листьев сои (рис. 6) уже в конце августа в период пожелтения бобов количество общего азота накопилось на 0,28% больше, чем на контроле. Эта разница в период

полной спелости семян составила 0,26%, при контроле — 6,52%. Темпы накопления водорастворимых форм превышали темпы контроля и в зрелых семенах на 0,26%. При подкормке сои раствором молибдата аммония накопление белкового азота мало отличалось от контроля, количество небелкового при этом увеличилось до 1,22% против 0,78% на контроле.

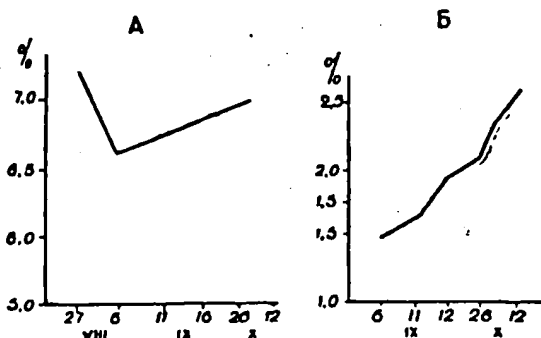
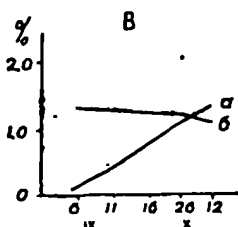


Рис. 6. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием опрыскивания растений молибденом (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.



При опрыскивании раствором молибдена листьев растений сои и ее семян перед посевом оказалось (рис. 7), что темпы накопления общего азота почти такие же, как и при опрыскивании им только листьев. Примерно так же обстоит дело и с накоплением водорастворимого азота, т. е. при двух вариантах применения молибдена действие почти идентично, как и накопление небелкового азота, но темпы накопления белкового азота в этом варианте самые высокие. В период на 6 сентября в семенах содержалось всего лишь 0,33% белкового азота в опыте, а на контроле — 0,55%. Уже 11 сентября темпы их выровнялись, а к моменту полного созревания семян выяснилось, что при действии молибдена накопилось белкового азота на 0,79% больше по сравнению с контролем. Этот вариант оказался самым эффективным по накоплению азотистых веществ.

Данные 1964 г. (табл. 4) подтверждают данные 1965 г. с той лишь разницей, что общее количество белковых веществ накопи-

лось меньше в урожае 1964 г., по сравнению с последующим годом, что объясняется климатическими условиями. В 1964 г. накопилось всего 35,3% белка, а в 1965 г.—38,2%. 1964 г. был более влажным, что способствовало снижению белковости семян (Иванов, 1946). Так, количество белка составило на контроле 38,2%, при подкормке селитрой — больше на 3,2%, мочевиной — на 3,4%, молибденом — на 2,6—3,3% по отношению к контролю

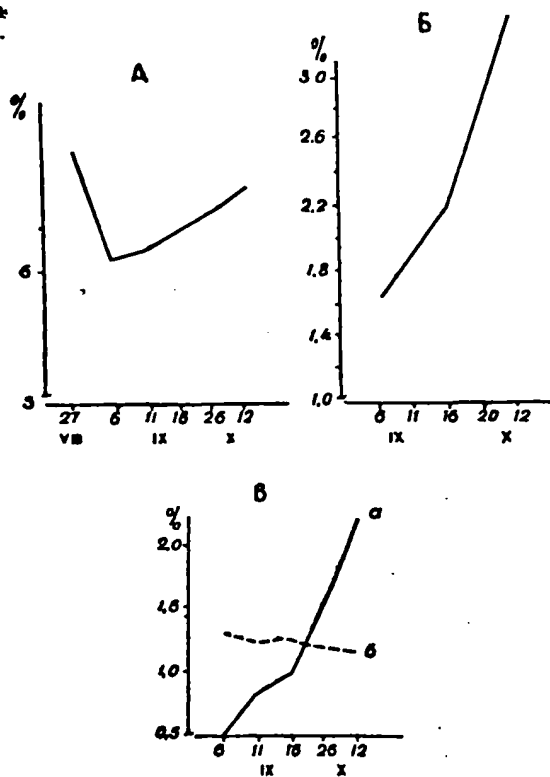


Рис. 7. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием опрыскивания семян и растений молибденом (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

в 1965 г. В предыдущем году прибавка белка от аммиачной селитры составила лишь 0,4%, от мочевины — 1,5% и от молибдена — 3,3—3,4%.

Следовательно, под влиянием подкормок изменилось соотношение отдельных азотистых веществ в семенах сои.

Исходя из вышесказанного, считаем, что аммиачная селитра, мочевина и молибден способствуют изменению направленности белкового обмена в сторону увеличения белка в среднем на 1,8—3,5%. Увеличение белка от молибденовых удобрений и аммиачной селитры наблюдалось в опытах И. Ф. Беликова (1952), В. Т. Куркаева и В. И. Голова (1962).

Таблица 4

Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои
при подкормках (1964 г.)

Дата взятия пробы	Азотистые вещества, %				Белок (N×6,25)
	общий азот	водораст- воримый	белковый	небелковый	
Контроль					
8.IX	5,65	1,3	0,51	0,79	35,3
14.IX	5,56	1,8	1,04	0,76	34,8
20.IX	5,83	2,1	1,36	0,74	36,4
29.IX	5,99	2,3	1,58	0,72	37,4
12.X	6,48	3,44	2,74	0,69	40,5
Аммиачная селитра					
8.IX	5,53	1,4	0,49	0,91	34,6
14.IX	5,80	1,9	1,08	0,82	36,3
20.IX	6,00	2,3	1,45	0,85	37,5
29.IX	6,30	2,5	1,67	0,83	39,4
12.X	6,54	3,6	2,72	0,83	40,9
Мочевина					
8.IX	5,68	1,5	0,51	0,99	35,5
14.IX	5,44	1,9	0,94	0,96	34,0
20.IX	5,80	2,2	1,28	0,92	36,3
29.IX	6,24	2,4	1,51	0,89	39,0
12.X	6,72	3,6	2,71	0,88	42,0
Молибден (внекорневая подкормка)					
8.IX	6,23	1,6	0,79	0,81	38,9
14.IX	5,95	1,9	1,12	0,78	37,2
20.IX	6,28	2,2	1,46	0,74	39,3
29.IX	6,43	2,6	1,88	0,72	40,2
12.X	7,0	3,7	2,99	0,70	43,8
Молибден (опрыскивание растений и семян)					
8.IX	6,47	1,7	0,83	0,87	40,4
14.IX	6,17	2,1	1,30	0,80	38,6
20.IX	6,24	2,3	1,51	0,76	39,00
29.IX	6,66	2,8	2,04	0,73	41,6
12.X	7,51	4,1	3,38	1,27	46,9

Изменения в накоплении масла при подкормке сои

Установлено, что содержание белка и жира в семенах сои подвержено большим колебаниям. Следует отметить, что содержание белка в сое обратно пропорционально количеству масла, т. е. чем больше содержится масла в семенах, тем меньше в них белка, и наоборот (Смирнова, Лаврова, 1934; Мильский, 1935; и др.). Незначительное изменение содержания белка в ту или

иную сторону сопровождается изменением маслообразовательного процесса в сторону его интенсификации или ослабления.

В наших опытах (табл. 5) при всех подкормках наблюдалось снижение процентного содержания масла в семенах. В опытах 1965 г. при весе семени около 60 мг на контрольных делянках содержалось 14,48% масла. При опрыскивании растений селитрой и мочевиной жира было несколько ниже, чем на контроле, а при действии молибдена — немного возросло. В процессе созревания семян как в опытах 1965 г., так и предыдущего азотные удобрения и молибден способствовали снижению темпов накопления масла и уменьшению его количества.

Влияние подкормки на динамику накопления масла

Дата взятия пробы	1964 год				
	контроль	аммиачная селитра	мочевина	Mo (внекорневая подкормка)	Mo (опрыскивание листьев и семян)
8.IX	19,09	18,47	18,17	18,00	18,37
14.IX	19,57	19,02	19,62	18,97	19,16
20.IX	20,28	20,06	20,33	19,20	19,47
26.IX	20,86	20,19	20,46	19,41	19,56
12.X	20,98	20,68	20,85	19,80	19,76

Как считают И. А. Минкевич и В. Е. Борковский (1952), исследований по влиянию удобрений на маслообразовательный процесс очень мало. То же самое можно сказать и в отношении сои.

По данным И. Ф. Беликова, Р. А. Бурцевой (1966), Е. Я. Неделько (1967), в условиях Приморского края накопление масла в созревающих семенах сои протекает особенно энергично в начальный период налива зерна (20—25 дней после цветения). Затем синтез его идет более равномерно и к первым числам октября заканчивается; количество жира становится относительно стабильным и меняется очень мало.

В опытах с подкормкой сои азотными удобрениями и молибденом (табл. 5) наблюдается та же закономерность в накоплении масла в процессе созревания семян — наиболее интенсивно идет синтез масла в первоначальный период и до половины сентября, затем изменяется очень мало. Действие подкормок сказалось уже на ранних этапах маслонакпления, что выразилось в меньшем содержании масла в опытных семенах по сравнению с контролем. Если при подкормке сои мочевиной и селитрой темпы маслообразовательного процесса на немного отличны от контроля, то действие молибдена оказалось наиболее существенным (опыт 1964 г.), и количество масла в семенах резко снизилось. Так, в среднем за два года применение селитры под сою

способствовало снижению масляности на 0,16%, мочевины — на 0,07%, молибдата аммония — на 0,92—0,82%. Но снижение масляности семян сои при подкормках было очень незначительное. Однако валовой сбор масла увеличился за счет повышения урожайности семян сои.

Данные по снижению содержания масла в семенах от применения молибдена на сое приводят в своей работе В. Т. Куркаев и В. И. Голов (1962). Но с изменением от подкормок количества масла в сторону уменьшения изменилось и его качество.

Кислотные числа позволяют судить о содержании в масле свободных жирных кислот и показывают степень его зрелости (рис. 8). Исследования динамики накопления свободных жир-

Таблица 5

(в % на сухое вещество семян)

Дата взятия пробы	1965 год				
	контроль	аммиачная селитра	мочевина	Мо (внекорневая подкормка)	Мо (опрыскивание листьев и семян)
27.VIII	14,48	14,26	14,17	14,48	15,46
6.IX	18,60	18,11	18,89	18,31	17,50
11.IX	19,12	18,39	21,61	19,07	19,35
16.IX	20,12	19,80	21,32	20,15	19,88
26.IX	20,26	20,74	20,16	20,15	19,56

ных кислот в масле сои Приморская 529 показали, что, по мере созревания семян, количество их снижается, и связано это с превращением жирных кислот в жир под действием фермента липазы (Минкевич, Борковский, 1955; Вывалько с сотр., 1958).

При подкормке мочевиной и селитрой растений сои в опытах 1965 г. оказалось, что в начале созревания семян кислотные числа масел, экстрагируемых из семян опытных растений, незначительно выше, чем у контрольных. Это говорит о том, что синтез жирных кислот идет интенсивнее при действии азотных подкормок (рис. 8, б—в). В дальнейшем, начиная с середины фазы созревания семян, кислотные числа резко понижаются к концу созревания и наиболее быстро при подкормке мочевиной по сравнению с контролем и вариантом с селитрой.

В опыте с молибденом (рис. 8, г—д) накопление свободных жирных кислот происходит несколько иначе. В начальный период созревания семян кислотные числа масел, экстрагированных из семян растений, опрыснутых молибденом, были ниже почти на 30—50%, и дальнейшее понижение их происходило наиболее плавно, но в конце созревания темпы стали ниже, и количество их было выше, чем в контроле.

Повышенное содержание кислотных чисел масла, экстрагируемого из семян опытных растений в вариантах с молибденом,

говорит о том, что в этих семенах еще большее количество жирных кислот в свободном состоянии.

Опыты 1964 г. подтверждены опытами последующего года (табл. 6). Они показали, что при подкормках сои растворами

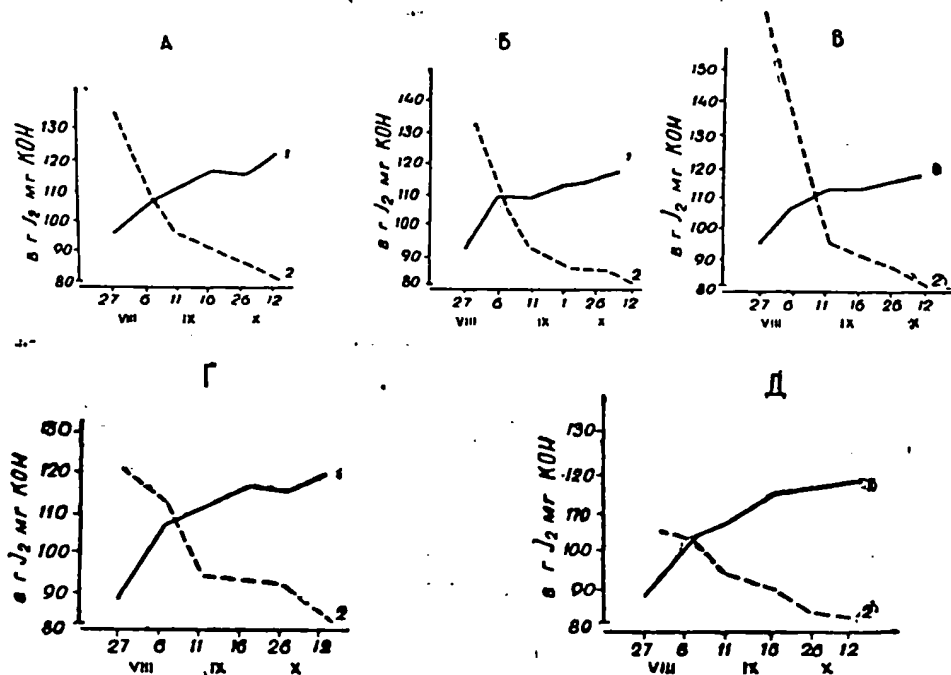


Рис. 8. Изменение степени неперелопленности и содержания свободных жирных кислот в созревающих семенах сои под влиянием внекорневых подкормок (1965 г.): А — контроль; Б — аммиачная селитра; В — мочевина; Г — опрыскивание растений Мо; Д — опрыскивание семян и растений Мо.

аммиачной селитры, мочевины и молибдена качество масла не снижается, величина кислотных чисел если и повышалась, то незначительно. Из литературы известно (Щербаков, 1963), что величина кислотного числа у пищевого масла не должна превышать 2,25, а если значение его выше, то масло требует специальной обработки или идет на технические цели.

Нашими опытами установлено, что подкормки азотными удобрениями и молибденом уменьшают процентное содержание масла, но не снижают его качества.

Не менее важным показателем масла является йодное число, по которому судят о степени ненасыщенности жирных кислот.

Наши эксперименты показали (рис. 8), что, по мере созревания семян, величина йодных чисел повышается (рис. 8, а) и к полной их зрелости достигает максимума.

Таблица 6

**Изменение количества свободных жирных кислот при подкормках
в процессе созревания семян (урожаи 1964 г.), в мг КОН**

Вариант опыта	Сентябрь			Октябрь	
	8	17	26	8	12
Контроль	8,30	5,43	4,91	2,00	1,44
Аммиачная селитра	8,05	5,52	5,01	2,12	1,47
Мочевина	8,85	4,44	4,04	2,07	1,52
Mo, внекорневая подкормка	8,89	6,01	3,82	2,83	1,74
Mo, опрыскивание семян и листьев	9,02	6,00	4,73	2,12	1,76

При действии азотных и молибденовых удобрений (рис. 8, б, в, г, д) степень ненасыщенности жирных кислот масла изменилась в сторону понижения, как в опытах 1964 г., так и последующего года. Однако йодные числа в опыте 1964 г. были выше, чем в опытах последующего года ввиду того, что в период созревания семян в 1964 г. растения сои были в лучших условиях увлажнения, но с более холодной температурой в сентябре по сравнению с 1965 г. По данным многих исследователей (Иванов, 1946), уменьшение йодных чисел масла сои находится в прямой зависимости от количества осадков и в обратной — от суммы температур.

Некоторыми исследователями (Dollear, Kranczunas, Markley, 1940) показано, что в различных маслах сои количество совершенно насыщенных и ненасыщенных кислот постоянно, но соотношение отдельных из них может меняться с изменением йодных чисел. Следовательно, предполагаем, что некоторое снижение йодных чисел масла от действия азотных и молибденовых подкормок может произойти в результате изменения содержания отдельных ненасыщенных жирных кислот в масле. Однако понижение йодных чисел соевого масла при подкормках было в пределах ошибки.

Соевое масло характеризуется высоким содержанием высоко-непредельных жирных кислот, количество которых подвержено большим изменениям в зависимости от места произрастания сои (Юшкевич с сотрудн., 1933), от климатических условий (Иванов, 1946). R. W. Howell и F. Y. Collins (1957) считают, что азотные удобрения и подкормки оказывают незначительное действие или совсем не влияют на содержание линолевой и линоленовой кислот, но это требует добавочных сведений. По жирнокислотному составу дальневосточных сортов сои в литературе есть только три работы (Неделько, 1965; Воробьев, 1966; Бурцева, 1967).

Нами изучалось действие азотных удобрений и молибдена на накопление двух наиболее важных физиологически необходи-

мых жирных кислот — линолевой и линоленовой. Обе они необходимы для нормального развития и роста клеток.

Синтез линоленовой и линолевой кислот (табл. 7) начинается на ранних этапах развития семян, но количественное соотношение их не одинаково. Так, в семенах 1965 г. урожая 27 августа в контрольных образцах содержалось 28,74% линолевой кислоты и только 10,27% — линоленовой. По мере созревания семян, количество линолевой кислоты возросло, а линоленовой — снизилось. Относительное содержание линолевой кислоты в масле в процессе созревания семян повышается с 41 до 46%, а линоленовой снижается с 10,0 до 8,0%.

В период формирования семян наблюдается изменение в интенсивности биосинтеза отдельных жирных кислот. В опытах 1965 г. (табл. 7) первые пробы для анализа отобраны через 5 дней после цветения сои (27 августа). При анализе их оказалось, что к этому времени накопилось линолевой кислоты 28,74%, а в начале сентября количество ее возросло до 43,24%. Это говорит о том, что наиболее интенсивно идет синтез линолевой кислоты в первые 20 дней после цветения, а после 11 сентября синтез ее ослабевает, но продолжает незначительно увеличиваться до полного созревания семян.

При изменении условий питания изменяется содержание линолевой кислоты в семенах. Уже через 5 дней после цветения при подкормке растений селитрой в семенах ее синтезировано на 2,9% больше, чем в контроле, при опрыскивании мочевиной — на 3,45%, молибденом — на 0,61% меньше и при опрыскивании листьев и семян молибденом — на 0,64% больше. Через 10 дней после цветения (6/IX), темпы накопления линолевой кислоты возросли от всех подкормок и особенно в варианте опрыскивания раствором молибдена листьев и семян (внекорневая подкормка с предварительной обработкой семян перед посевом) почти в три раза. Затем синтез ее при азотных подкормках и действии молибдена снизился после первой декады сентября, а количество в зрелых семенах оказалось в опыте выше, чем в контроле.

Абсолютное содержание линолевой кислоты возрастает, по мере созревания семян, и наибольшее количество приходится на первый этап (табл. 8). Начиная со второго периода созревания абсолютное количество линолевой кислоты изменяется меньше, но так же, как и относительное содержание, продолжает повышаться. Следовательно, во втором периоде созревания семян накапливается относительное и абсолютное количество линолевой кислоты.

Следует отметить, что на жирнокислотный состав масла повлияли условия внешней среды, отчего в опытах 1964 г. (более влажном) в семенах накопилось больше линолевой кислоты, чем в опытах 1965 г. (менее влажном). Относительное содержание

Таблица 7

Влияние подкормок на динамику накопления ненасыщенных жирных кислот
в соевом масле, в % к весу масла

Вариант опыта	1964 год					1965 год				
	8.IX	17.IX	26.IX	8.X	12.X	27.VIII	6.IX	11.IX	26.IX	12.X
Линолевая кислота										
Контроль	41,97	42,87	43,48	45,23	47,98	28,74	32,27	43,24	45,32	46,56
Аммиачная селитра	42,21	42,97	44,56	49,72	51,03	31,62	36,98	44,25	48,03	50,55
Мочевина	42,31	42,73	43,96	48,56	50,22	32,19	37,67	44,53	46,23	48,19
Mo (внекорн. подкорм.)	43,56	45,02	46,21	48,97	51,84	28,13	32,49	43,71	45,94	47,74
Mo (опрыскивание семян и листьев)	45,27	49,83	53,48	57,92	60,5	29,38	34,62	44,65	46,22	49,19
Линоленовая кислота										
Контроль	10,59	10,21	9,58	8,73	8,37	10,27	9,66	9,29	8,82	8,66
Аммиачная селитра	10,55	10,11	9,52	8,66	8,41	9,56	9,24	8,84	8,42	8,37
Мочевина	10,03	9,85	9,37	8,54	8,44	10,18	9,45	8,93	8,33	9,0
Mo (внекорн. подкорм.)	10,85	10,43	9,54	9,12	9,01	9,83	9,17	8,67	8,34	8,28
Mo (опрыскивание семян и листьев)	9,68	8,73	8,54	8,00	7,83	9,97	9,34	9,25	9,15	8,92

Таблица 8

Содержание линолевой кислоты на 1000 семян в 1965 г., г

Вариант опыта	Август	Сентябрь		Октябрь	
	27	11	6	26	12
Контроль	16,13	47,86	73,61	96,57	103,31
Аммиачная селитра	21,24	37,30	64,39	93,55	102,66
Мочевина	21,90	39,19	68,15	97,30	106,31
Mo, опрыскивание листьев	17,90	35,22	67,33	93,36	101,64
Mo, опрыскивание семян и листьев	22,57	49,00	61,34	111,37	120,49

масла в семенах было тоже выше в 1964 г., чем в 1965 г., что говорит о прямой зависимости содержания линолевой кислоты от масличности семян.

Абсолютное содержание линоленовой и линолевой кислот (табл. 8 и 9) в процессе созревания семян увеличивается, но максимумы их накопления различны. Максимум у первой приходится на конец, а у второй — на начало созревания, поэтому биосинтезы обеих жирных кислот протекают независимо друг от друга, как два самостоятельных процесса.

Таблица 9

Содержание линоленовой кислоты на 1000 семян в 1965 г., г

Вариант опыта	Август	Сентябрь		Октябрь	
	27	6	11	26	12
Контроль	6,25	14,26	15,64	18,54	18,50
Аммиачная селитра	6,91	9,92	12,75	17,04	17,47
Мочевина	7,46	10,70	13,96	17,79	19,62
Mo, опрыскивание листьев	6,12	9,89	13,50	17,18	18,08
Mo, опрыскивание семян и листьев	7,58	14,44	15,64	22,91	23,26

Аналогичные данные получены Н. Ф. Дублянской (1960) на подсолнечнике и Р. А. Бурцевой (1967) на сое.

При воздействии удобрений общая закономерность накопления жирных кислот в соевом масле сохраняется, но количество их меняется. В опыте 1964—1965 гг. все подкормки оказали положительное влияние на синтез линолевой и линоленовой кислот (табл. 7), но при воздействии молибденовой соли на сою возросло содержание молибдена в листьях и семенах.

Многими авторами показано, что токсичная норма содержания молибдена в растениях вызывает у человека подагру, у животных — молибденоз. Одна группа авторов (Виноградова, 1952;

Анспек, 1961) считает, что токсичность молибдена проявляется при содержании его в количестве 10,0 мг/кг, другая (Неклюдов, 1958) — при 20,0 мг/кг, третья (Буркин, 1964; Жизневская, Тенисова, 1965) утверждает, что при определенных количественных соотношениях с другими микроэлементами токсичность его исчезает.

Результаты наших исследований показали, что при использовании молибдена на культуре сои при опрыскивании его раствором только растений содержание молибдена повысилось в семенах с 0,48 на контроле до 5,92 в опыте, а при опрыскивании семян и растений — до 6,22 мг/кг; количество его в листьях возросло в среднем за два года с 0,15 до 3,4 мг/кг.

Наши данные свидетельствуют о том, что применение молибдена на сое не будет пагубным для здоровья человека и животных, ибо содержание его в семенах и листьях после опрыскивания им семян и растений ниже самой низкой токсичной нормы, приводимой многими авторами.

Выводы

1. Усиление азотного питания сои в период начала образования бобов путем опрыскивания листьев растворами: 1%-ным аммиачной селитры, 3%-ным мочевины и 0,05%-ным молибдата аммония, — создает благоприятные условия для накопления белковых веществ в семенах. В процессе формирования семян наблюдается увеличение содержания общего азота в основном за счет его водорастворимых форм, что при снятии урожая обеспечивает в среднем с каждого гектара 1,8—2,5—3,0%-ную прибавку белка при опрыскивании раствором селитры, мочевины и молибдата аммония, соответственно.

2. Опрыскивание семян сои перед посевом (25 г д. н. на 1 га) и листьев раствором молибдата аммония способствует усилению синтеза белковых веществ и обеспечивает прибавку белка на 3,5%.

3. Применение аммиачной селитры, мочевины и молибдата аммония для внекорневых подкормок сои и опрыскивание раствором молибдата аммония семян и листьев способствует незначительному снижению относительного содержания масла, но валовой сбор масла с гектара при этом увеличивается.

4. Синтез свободных жирных кислот понизился, а степень неопределенности масла повысилась в процессе созревания семян сои. При воздействии внекорневых подкормок азотистыми удобрениями и молибденом кислотные и йодные числа масла несколько изменились в динамике, и в зрелых семенах количество свободных жирных кислот возросло, а степень неопределенности масла почти не изменилась, но это не ухудшило качество масла.

5. Молибден и азотные удобрения способствуют большому накоплению линолевой кислоты, что улучшает пищевую ценность масла.

6. Действие азотных и молибденовых подкормок оказывает положительное влияние на увеличение урожайности семян сои.

7. Указанная нами доза содержания молибдена в семенах и листьях сои при опрыскивании их раствором молибдата аммония не является токсичной, ибо она ниже самой токсичной нормы.

ЛИТЕРАТУРА

Анспок П. И., 1961. Результаты полевых опытов с микроэлементами в колхозах и совхозах Латвийской ССР. В сб.: Микроэлементы и урожай. Тр. ин-та биологии АН Латв. ССР, 21.

Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на химический состав сои. Тр. ДВ филиала им. В. Л. Комарова, серия растениеводства, т. I. Владивосток.

Беликов И. Ф., Р. А. Бурцева, 1966. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на накопление масла в семенах сои. «Агрохимия», № 4.

Белозерский А. Н., Н. И. Проскуряков, 1951. Практическое руководство по биохимии растений. М., Изд. «Советская наука».

Бобко Е. В., А. Г. Саввина, 1940. Значение молибдена для развития растений. ДАН СССР, новая серия, т. 29, № 7.

Бурцева Р. А., 1967. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления масла и его качество в семенах сои. Автореферат, Владивосток.

Буркин И. А., 1964. О молибдене как микроудобрении и его токсичности в кормах для животных. «Агрохимия», № 1.

Виноградова Х. Г., 1952. Микроэлементы в жизни растений и животных. М., Изд. АН СССР.

Виноградов А. П., Х. Г. Виноградова, 1948. Молибден в почвах СССР. ДАН СССР, 62, 5.

Воробьев Н. В., 1966. Динамика накопления и превращения липоидных веществ в созревающих семенах сои. Автореферат, Ростов-на-Дону.

Вывалько И. Г., Г. П. Коваленко, Л. А. Лепник, 1958. Влияние аммиачного и нитратного питания на рост, развитие и накопление жира в яровом рапсе. Научные тр. УНИИ физиологии растений. Госсельхозиздат УССР.

Гречухина О. А., 1955. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. М.

Грицуи А. Т., Л. С. Сазонова, 1963. Микроэлементы в сельском хозяйстве Приморья. Владивосток.

Дублянская Н. Ф., 1960. Содержание линолевой кислоты и токоферолов в маслах различных сортов подсолнечника. Вестник сельскохозяйственной науки, № 6.

Ермаков А. И. и др., 1952. Методы биохимического исследования растений. М.—Л.

Жизневская Г. Я., И. В. Тенисоне, 1965. Роль микроэлементов в процессе роста и развития растений. Вильнюс.

Иванов Н. Н., 1929. Об изменчивости и стабильности химического состава культурных растений. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XX, вып. 2.

Иванов С. Л., 1946. Маслообразование в пастеннях. Успехи современной биологии, т. 22, вып. 2(5).

Калникевич А. Ф., 1961. Корневое питание в обмене веществ и продуктивности растений. Тезисы докл. конференции 6—10 февраля 1961 г. Изд. АН СССР.

Кедров-Зихман О. К., 1954. Основные вопросы известкования дерново-подзолистых почв. «Почвоведение», № 6.

Комиссаров Д. А., 1937. Влияние катионов и анионов минеральных солей на фотосинтез у высших растений. Тр. ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, т. I, № 2.

Куркаев В. Т., 1963. Соя. М.

Куркаев В. Т., В. И. Голов, 1962. Методическое указание по применению молибдена под сою. Благовещенск.

Куркаев В. Т., Д. А. Курдин, 1961. Удобрение сои. Благовещенск.

Ленденская Л. Д., О. Т. Онопричук, 1964. Микроэлементы в жизни растений, животных и человека. Киев.

Лещенко А. К., Б. В. Косаткин, М. И. Хотулев, 1948. Соя. М., Сельхозгиз.

Мацков Ф. Ф., Ф. Я. Бузовер, 1947. Внекорневые подкормки как способ управления направленностью работы ферментативного аппарата листьев. Записки ХСХП, т. 6.

Мацков Ф. Ф., Т. Я. Иконенко, 1958. О взаимосвязи между внекорневым питанием, фотосинтезом и корневым питанием растений. ДАН СССР, т. 118, № 3.

Мильский А., 1935. Изменение химического состава семян сои в зависимости от географических условий. Тр. ин-та зернобобовых культур, № 4, М.

Минкевич А. И., В. Е. Борковский, 1952. Масличные культуры. М., Сельхозгиз.

Минкевич А. И., В. Е. Борковский, 1955. Масличные культуры. М., Сельхозгиз.

Неделько Е. Я., 1965. Содержание линолевой и линоленовой кислот в масле семян сои сортов, районированных на Дальнем Востоке. Известия СО АН СССР, серия биолог. и медиц. наук, вып. 3.

Неделько Е. Я., 1967. Биохимическая характеристика семян сои сортов дальневосточной селекции. Автореферат. Владивосток.

Неклюдов Б. М., 1956. Влияние молибдена на урожай гороха. «Агробиология», № 1.

Неклюдов Б. М., 1958. Молибден — эффективное средство повышения урожая бобовых культур. «Земледелие», № 2.

Петербургский А. В., 1965. Удобрения. М., Изд. «Колос».

Петербургский А. В., Н. К. Сидорова, 1957. О значении молибдена для клевера на кислых почвах. Известия ТСХА, 31.

Ратнер Е. А., И. А. Буркин, 1959. Молибден и урожай. М., Изд. АН СССР.

Ринькис Г. Я., 1963. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига.

Рушковский С. В., 1957. Методы исследования при селекции маслических растений на содержание масла и его качество. М., Пищепромиздат.

Смирнова М. И., М. П. Лаврова, 1934. Изменчивость химического состава в различных сортах сои. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, серия 3, № 5.

Скрипченко А. Ф., 1959. Результаты внекорневой подкормки микроэлементами на естественных лугах Дальнего Востока. В сб.: Применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине. Рига.

Собачкин А. А., 1958. Влияние молибдена на синтез амидов и аминокислот растений. Докл. ТСХА, вып. 34.

Соколова М. Ф., 1966. Результаты опытов с применением молибденовых удобрений под сою на Дальнем Востоке. «Агрохимия», 5.

Товарищцкий В. И., 1935. Сборник работ по агрохимии и биохимии сои. Тр. Всесоюзного н.-и. института зернобобовых культур, т. IV, М.

- Уокер Т. У., 1954. Молибден на пастбищах новой Зеландии. «Агробиология», № 1.
- Федоров М. В., 1948. Микробиология. М., Сельхозгиз.
- Щербаков В. Г., 1963. Биохимия и товароведение масляного сырья, М., Пищепромиздат.
- Юшкевич С. Ф., А. С. Ларнонов, Д. А. Никитин, 1933. Соевое масло в СССР. Тр. центрального н.-и. института пищевой и вкусовой промышленности, т. 2.
- Barshad I., 1951. Soil Sci., v. 71, N 4.
- Dollear F., P. Kranczunus and K. Markley, 1940.—J. Oil Soap, 17, 120.
- Howell R. W. and F. I. Collins, 1957. Agr. J., 49, N 11.
- K. S. Markley and N. H. Gross, 1944. Soybean chemistry and technology. Neu Vork.
- Mulder E., 1954. Plant and Soil., v. Y, N 5.
- Nicholas D. and A. Nason, 1955. Plant Physiol., 30, 135.
- Plant W., 1953. Plant and Soil., v. Y. N 1.
- Reisenauer H. M., 1956. Soil Sci., v. 81, N 3.
- Robinson W., G. Edgington, 1954. Soil Sci., 77, 3.
- Schaffer F. and P. Schachtschabel, 1956. «Bodenkunde».