

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

ВНЕКОРНЕВАЯ
ПОДКОРМКА СОИ
НА
ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

ВЛАДИВОСТОК

1971

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

ВНЕКОРНЕВАЯ
ПОДКОРМКА СОИ
НА
ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

ВЛАДИВОСТОК
1971

АННОТАЦИЯ

Книга написана коллективом авторов Биолого-почвенного института, Приморского и Благовещенского сельскохозяйственных институтов под общей редакцией доктора биологических наук И. Ф. Беликова. Это — материал собственных исследований авторов.

До сих пор считалось, что соя во внекорневой подкормке не нуждается. Своими исследованиями авторы доказали, что подкормка посевов сои удобрениями оказывает положительное действие на формирование бобов, дает существенную прибавку урожая (2—4 ц/га семян) и повышает процент белка и масла.

Результаты лабораторных исследований и данные вегетационных и полевых опытов подкреплены данными производственных посевов. В 1964—1965 гг., например, посевы сои подкармливали суперфосфатом с помощью самолетов на площади 3,5 тыс. га. В среднем получена прибавка урожая по 1,9 ц/га (от 1,4 до 2,4 ц/га).

Издано по решению Ученого совета
Биолого-почвенного института

Под редакцией д.б.н., проф. И. Ф. Беликова

ВВЕДЕНИЕ

Внекорневая подкормка сои — сравнительно новый агроприем. В литературе нет указаний на источники, которые бы говорили о применении его на посевах сои. Применение внекорневых подкормок сои стало возможным после изучения ее биологии, т. е. когда установили, в какой период своего развития растения особенно нуждаются в элементах питания, как распределяются между органами растения продукты фотосинтеза в различные фазы развития и т. д. Установлено, что в период бобообразования растения сои потребляют до 50% основных элементов питания — азота и фосфора. В силу специфики природных условий Дальнего Востока в это время азота и фосфора в усвояемой форме в почве не оказывается и растения голодают в полном смысле этого слова.

Внимание исследователей Дальнего Востока было направлено на изыскание путей доставки элементов питания растениям. Имн оказались внекорневые подкормки. К тому же этот прием явился легко выполнимым и экономически выгодным.

Первая глава написана В. Т. Куркаевым и В. И. Головым, вторая — И. Ф. Беликовым, третья — И. Ф. Беликовым, П. К. Сидоренко, Н. А. Пенчуковой, четвертая — Р. А. Бурцевой, пятая — А. И. Чуб, шестая — Н. П. Выхрестюк, седьмая — А. А. Аблакатовой и А. М. Гуниной.

ГЛАВА I

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПРИМОРЬЯ И ПРИАМУРЬЯ И ПОТРЕБНОСТЬ СОИ В УДОБРЕНИИ

Потребление элементов питания соей растягивается на длительный срок, т. е. вегетационный период у некоторых сортов этой культуры длится 102—113 и более дней. За указанное время происходят большие изменения в содержании доступных форм элементов питания в почве и в превращении удобрений. Хотя от всходов до цветения соя потребляет мало питательных веществ, однако недостаток их в этот период отрицательно сказывается на урожае, так как в начале роста у нее происходит образование узлов, ветвей и цветов. При недостатке питания в период цветения наблюдается опадение цветков и бобов.

Значительное количество азота усваивается соей при помощи клубеньковых бактерий из воздуха. Количественное выражение этого процесса зависит от ряда почвенных условий: обеспеченности фосфором, молибденом, степени кислотности, наличия влаги и воздуха. Поэтому на разных почвах меняется потребность в азотных и фосфорных удобрениях.

Действие удобрений зависит и от погодных условий. При нормальном увлажнении и аэрации растения лучше развиваются при внесении фосфорных удобрений, при переувлажнении начинают сильнее действовать и азотные. Поэтому особенно необходим контроль за содержанием элементов питания в почве и потреблением их растениями в течение вегетации.

Краткая характеристика почв

Почвенные условия в районах возделывания сои отличаются большим разнообразием. Здесь наиболее распространены бурые лесные, буро-подзолистые, лугово-черноземовидные, лугово-бурые и пойменные аллювиальные почвы. Агрохимическая характеристика этих почв (некоторых под другими названиями) приведена в ряде работ (Грицун, 1964; Качиани, 1954; Куркаев, 1965; Шконде, 1959).

Бурые лесные почвы. В Приамурье они распространены по дренированным водоразделам Амуро-Зейского плато и Зейско-Бурейской равнины в Благовещенском, Свободненском, Шимановском, Завитинском и Бурейском районах. Небольшими участками встречаются в других районах, главным образом, по бортам падей и склонов террас. В естественном состоянии заняты лесами, имеют небольшую мощность гумусового горизонта. В результате распашки пахотный слой доведен до 14—20 см, окраска его серовато-бурая.

В Приморском крае указанные почвы приурочены к повышенным элементам Суйфуно-Ханкайской низменности, залегают, как правило, небольшими участками на высоких увалах. Почвообразующими породами для них служат элювиальные и элюво-делювиальные скелетные суглинки и другие рыхлые осадочные отложения легкого механического состава. Встречаются в Ханкайском и Уссурийском районах, т. е. имеют сравнительно ограниченное распространение.

По механическому составу эти почвы легкие — суглинистые и супесчаные, меньше переувлажняются. При обильном выпадении осадков подвержены эрозии. Сумма поглощенных оснований невысокая — 3—19 мг-экв. Гидролитическая кислотность средняя — 2—4 мг-экв. на 100 г почвы. Гумуса в пахотном слое — 2—3%, иногда больше, в подпахотном — количество его резко снижается. Почвы имеют невысокие запасы валовых и подвижных форм азота, фосфора, а часто и калия. Они требуют повышенных норм минеральных и органических удобрений, местами — известкования. Кислотность средняя и слабая (рН солевой вытяжки 4,8—5,2).

По содержанию микроэлементов эти почвы очень бедны молибденом и особенно бором. Промывной режим способствует вымыванию воднорастворимого бора и подвижного молибдена из пахотного горизонта. Поэтому на них эффективно применение микроэлементов под сою, особенно бора (Куркаев, 1963).

Буро-подзолистые почвы. В Амурской области они распространены в Мазановском, Серышевском, Белогорском, Ромненском, Октябрьском и частично в Завитинском районах. Характеризуются незначительной мощностью гумусового горизонта (8—12 см). В результате вспашки пахотный слой доведен местами до 16—20 см, поэтому беден элементами питания. Окраска его светло-серая (табл. 1).

В Приморье данные почвы распространены на более высоких увалах Уссурийско-Ханкайско-Суйфунской равнины, по пологим шлейфам предгорий, в зоне дубовых и дубово-широколиственных лесов. В Спасском, Уссурийском и Черниговском районах они составляют основной пахотный фонд.

Механический состав этих почв в основном глинистый; физические свойства, особенно подпахотного слоя, неблагоприятные.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя некоторых почв Амурской области **Таблица 1**

Название почвы	Глубина взятия образца, см	Гумус. %	рН соле- вой вы- тяжки	Мг-экв. на 100 г почвы		Степень насыщен- ности ос- нованиями, %	Мг/кг почвы, подвижные				
				сумма по- глощен- ных осно- ваний	гидроли- тическая кислот- ность		P ₂ O ₅ по Чирн- кову	K ₂ O по Пепло	Mn по Ринь- кису	Mo ок- салат- ный	B* вод- нораст- воримый
Бурая	от 0—15	1,93—	5,0—	2,7—	2,71—	41,5—	2,9—	67—	84,8	0,09	0,20—
лесная	до 0—18	2,27	5,5	18,9	3,90	87,5	7,6	140			0,26
Буро-подзолистая	от 0—14	2,64—	4,4—	8,3—	4,25—	49,7—	1,4	63—	110	0,20	0,31
	до 0—18	6,80	5,0	16,5	10,10	79,3	16,3	350			0,37
Лугово-черноземовидная	от 0—20	2,80—	5,4—	21,0—	2,70—	84,7—	14,5—	84—	46—	0,07—	0,19—
	до 0—22	5,31	5,7	28,4	4,56	89,4	40,3	210	75	0,20	0,93
Пойменная аллювиаль- ная	от 0—18	2,26—	4,5—	9,4—	5,01—	61,2—	1,8—	55—	46,6	0,24	0,22—
	до 0—20	5,99	4,9	15,3	9,70	65,3	3,0	143			0,28

* Данные Ю. Н. Казачкова.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя некоторых почв Приморского края **Таблица 2**

Название почвы	Глубина взятия образца, см	Гумус. %	рН соле- вой вы- тяжки	Мг-экв. на 100 г почвы		Степень насыщен- ности ос- нованиями, %	Мг/кг почвы, подвижные				
				сумма по- глощен- ных осно- ваний	гидроли- тическая кислот- ность		P ₂ O ₅ по Кирса- нову	K ₂ O фо- томет- рическ.	Mn по Ринь- кису	Mo ок- салат- ный	B водно- раствор- имый
Бурая лесная		2,7—	4,9—	12,4—	2,1—	82,8—	37,1—	55,0—	84,8	0,09—	0,26—
		3,3	5,3	17,0	3,5	85,6	41,2	74,0		0,30	0,34
Буро-подзолистая	от 0—13	2,1—	4,1—	9,7—	2,88—	49,5—	3,4—	32,0—	147,3—	0,14—	0,24—
	до 0—20	4,8	4,9	14,9	10,5	81,1	15,6	91,5	300,0	0,38	0,29
Лугово-бурая	от 0—18	3,7—	4,4—	14,8—	4,9—	75,1—	7,1—	42,1	78,4—	0,20—	0,30—
	до 0—22	4,2	4,7	19,5	5,2	78,9	29,8		148,0	0,30	0,78
Луговая глеевая	от 0—15	4,3—	4,3—	11,2	8,4—	57,2—	8,3—	40,5—	92,5—	0,16—	0,27—
	до 0—20	7,6	5,5	25,4	11,2	29,0—	29,0	46,2	32,0—	0,10—	0,16—
Пойменная	от 0—18	1,7—	3,5—	4,4—	8,0	88,9	33,6	—121,3	178,3	0,30	0,45
	до 0—25	4,1	5,0	10,6	10,2	54,6	—44,6		46,6	0,24	0,21

Тяжелый механический состав и неравномерное выпадение осадков вызывают сильное переувлажнение почв. Значительные площади их оглеены. Сумма поглощенных оснований небольшая — 8—19 мг-экв., гидролитическая кислотность высокая — 3—10 мг-экв. на 100 г почвы.

Гумуса в пахотном слое содержится 2—4%, местами больше, в подпахотном — количество его резко уменьшается. Содержание минерального азота низкое или среднее, подвижного фосфора — низкое. Фосфор внесенных удобрений быстро переходит в малоподвижное состояние. На таких почвах целесообразно вносить фосфоритную муку и местно — суперфосфат. Калием они обеспечены средне, и калийные удобрения иногда необходимы. Кислотность высокая и средняя (рН солевой вытяжки 4,3—5). При такой кислотности обычно требуется известкование.

Как видно из табл. 2, для буро-подзолистых почв характерно повышенное содержание подвижного марганца. Это объясняется периодическим переувлажнением данных почв. Благодаря преобладанию восстановительных процессов, марганец из формы MnO_2 переходит в доступную для растений форму MnO . Значительное накопление двухвалентного марганца может привести к токсикозу растений. Что касается доступных форм Mo и B , то их содержание невысокое, и растения сои часто испытывают недостаток в питании этими микроэлементами.

Лугово-черноземовидные почвы — наиболее плодородные почвы Амурской области. Занимают пониженную часть Зейско-Бурейской равнины и распространены в Тамбовском, Константиновском, Ивановском, части Белогорского, Октябрьского и Михайловского районов. Маломощные незначительно распространены на вершинах возвышенностей и пологих склонах к падам. Это участки, вышедшие в прошлом из-под леса. Почвы имеют буровато-серую окраску пахотного слоя. Материнской породой является желто-бурая глина, подстилаемая на небольшой глубине песком.

Пахотный слой этих почв в настоящее время доведен до 18—22 см, поэтому содержание гумуса снижено до 2—3%, а в подпахотном его количество вообще резко уменьшается. Сумма поглощенных оснований невысокая — до 20 мг-экв, реакция почв слабокислая и близкая к нейтральной. Содержание элементов питания, особенно азота, низкое, поэтому удобрений нужно вносить больше. Особенно эффективны органические удобрения, потому что условия для их разложения благоприятны.

Переувлажняются маломощные почвы слабо, так как имеют более легкий механический состав и хороший сток выпадающих летом осадков.

Наиболее распространены среднемощные почвы. Занимают слабовозвышенные равнинные участки и среднюю часть пологих склонов. Однородно окрашенный гумусовый слой достигает

25 см. Однако пашутся они на меньшую глубину. Углубление пахотного слоя и улучшение обработки — большой резерв повышения урожая на этих почвах.

По механическому составу среднемощные лугово-черноземовидные почвы относятся к глинистым. Тяжелый механический состав обуславливает их переувлажнение при обильном выпадении летних осадков. Это ухудшает условия питания растений и затрудняет проведение сельскохозяйственных работ. Содержание гумуса в пахотном слое таких почв составляет 4—6%, в подпахотном — около 2%, сумма поглощенных оснований довольно высокая — 25—30 мг-экв. на 100 г почвы. Реакция слабокислая, близкая к нейтральной (рН солевой вытяжки 5,5—5,9). В известковании не нуждаются.

Указанные почвы содержат значительные валовые запасы азота, фосфора и калия. Однако азота и фосфора в доступном для растений состоянии в них недостаточно. По данным Э. И. Шконде (1959), в пахотном слое лугово-черноземовидных почв 1,2% всего азота приходится на минеральные соединения, 5% — легкогидролизуемого, 20,8% — трудногидролизуемого и 73% — негидролизуемого (практически инертные запасы). Из соединений фосфора 43,5% валового содержания находится в органической форме, 35,5% фосфора связано со стойкими минералами материнской породы и вторичными минералами. Содержание доступного калия, как правило, высокое.

Лугово-черноземовидные мощные почвы занимают нижнюю часть склонов и неглубокие замкнутые понижения. Почти все площади распаханы. Почвы имеют темноокрашенный профиль. Гумусовый однородно окрашенный слой достигает 26—35 см и более. Механический состав глинистый. Естественное плодородие этих почв высокое. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 5—7%, много его и в подпахотном. Эти почвы по содержанию гумуса, поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями не уступают черноземам (Качияни, 1954). Содержание гумуса в них может достигать 8—10%, сумма поглощенных оснований — до 35—45 мг-экв., обменная кислотность почти отсутствует. Содержание валового азота в верхнем горизонте (Шконде, 1959) — 0,28—0,43%, фосфора — 0,25—0,33%, калия — 2,47—2,60%.

Условия залегания по рельефу, тяжелый механический состав и большое количество осадков в отдельные периоды вызывают частое переувлажнение, что затрудняет проведение уборки и других работ, ухудшает условия питания растений. Поэтому по эффективному плодородию эти почвы существенно не отличаются от среднемощных почв.

Все лугово-черноземовидные почвы бедны молибденом, а маломощные — и бором, остальных микроэлементов в них повышенное содержание.

Пойменные аллювиальные почвы. Распространены в поймах рек Амура, Зеи, Буреи, Суйфуна, Уссури и других. Отличаются легким механическим составом, обеспечивающим хороший дренаж. Окраска пахотного слоя буровато-светло-серая и светло-серая. Плодородие этих почв значительно различается. Встречаются участки повышенного плодородия и низкоплодородные массивы. Пахотный слой доведен до 20 см. Механический состав суглинистый и супесчаный. Почвы хорошо прогреваются и рано оттаивают.

Гумуса в пахотном слое содержится 2—6%. Количество доступного азота и фосфора невысокое. В отличие от других почв в них в связи с механическим составом азот и фосфор могут вымываться вглубь, что нужно учитывать при внесении удобрений. Подвижного калия меньше, чем в других почвах. Местами его почти нет, и применение калийных удобрений на таких почвах часто необходимо. Органические удобрения быстро разлагаются и дают хороший эффект. Кислотность средняя и слабая (рН солевой вытяжки 4,8—5,5), поэтому иногда необходимо известкование.

Луговые глеевые почвы. Названные почвы имеют меньшее распространение в сравнении с рассмотренными выше типами почв. Встречаются они в основном в Приморском крае (первая терраса оз. Ханки) и частично в Хабаровском. Это — наиболее плодородные почвы после лугово-черноземовидных. Отличаются значительным содержанием гумуса (4—8%) (табл. 2), кислой реакцией, которая объясняется некоторыми авторами присутствием в составе гумуса повышенного количества фракции фульвокислот. Характеризуется низким содержанием доступного фосфора и средним калия. Количество подвижных форм микроэлементов неодинаковое, марганца — повышенное, а молибдена и бора — пониженное.

Потребность в азотных, фосфорных и калийных удобрениях

Изучение потребности сои в них проводилось на почвах со следующими агрохимическими показателями (табл. 1 и 2).

Как показывают многолетние опыты, на лугово-черноземовидных почвах соя больше всего нуждается в фосфорных удобрениях и в меньшей степени — в азотных. Особенно высокая потребность в первых наблюдается на буро-подзолистых почвах. Калийные удобрения не требуются. Бурые и лесные пойменные почвы нуждаются в фосфорных, азотных и калийных удобрениях. Типичные данные по эффективности удобрений получены в 1963 г. (Куркаев и соавт., 1964; табл. 3).

Изучение пищевого режима лугово-черноземовидных почв показало, что содержание нитратного азота во второй половине ве-

Таблица 3
Влияние минеральных удобрений на урожай сои на разных почвах, ц/га

Вариант опыта	Бурая лесная		Буро-подзоли- стая		Лугово-черноземо- видная	
	урожай	разница	урожай	разница	урожай	разница
Контроль	6,2	—	5,8	—	12,4	—
P ₆₀ K ₆₀	9,8	3,6	8,8	3,0	13,4	1,0
N ₃₀ K ₆₀	6,0	-0,2	6,3	0,5	12,0	-0,4
N ₃₀ P ₆₀	10,5	4,3	11,1	5,3	15,1	2,7
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	10,9	4,7	10,7	4,9	15,4	3,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀	9,9	3,7	9,4	3,6	14,2	1,8
N ₃₀ P ₉₀ K ₆₀	13,7	7,5	12,0	6,2	15,7	3,3

гетации значительно уменьшилось, а подвижного фосфора от внесения удобрений почти не увеличилось (табл. 4 и 5). На других типах почв, отличающихся пониженным плодородием, пищевой режим еще более напряженный.

Таблица 4
Динамика нитратного (Н) и аммиачного (А) азота под соей при внесении удобрений (мг/кг сухой почвы)

Вариант опыта	19.VI 1 лист		5.VII 3 листа		18.VII цветение		5.VIII цветение		25.VIII образ. бобов	
	Н	А	Н	А	Н	А	Н	А	Н	А
Контроль	6,7	17,3	7,8	4,9	8,6	8,2	1,5	14,6	3,3	9,5
N ₄₅	15,4	10,3	12,1	7,3	13,2	7,4	1,7	10,6	2,5	13,4
P ₄₅	10,5	8,2	7,8	7,3	7,9	11,1	1,0	10,6	4,6	15,4
N ₄₅ P ₄₅	20,0	13,2	13,9	6,9	15,3	8,2	1,2	11,4	3,3	10,7
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	25,0	10,3	17,7	8,9	19,9	8,2	1,0	9,4	1,9	10,7

Таблица 5
Динамика подвижного фосфора и калия в почве под соей при внесении удобрений (мг/кг почвы)

Вариант опыта	Фосфор			Калий		
	19.VI	18.VII	25.VIII	19.VI	18.VII	25.VIII
Контроль	15	12	12	97	80	93
N ₄₅	12	12	11	100	96	102
P ₄₅	18	14	12	75	94	103
N ₄₅ P ₄₅	14	14	10	103	70	100
N ₁₅ P ₁₅ K ₄₅	12	20	16	99	109	95

Одно допосевное внесение удобрений не обеспечивает хорошего питания в течение всего периода вегетации. Поэтому внесение удобрений в подкормку может существенно сказаться на повышении урожая. Так, в одном из опытов (без применения молибдена) внесение азотных удобрений в подкормку (Малыш, 1946) значительно увеличило урожай сои (табл. 6). В этом опыте лучшим сроком подкормки является внесение азота в начале налива, когда продолжается рост и цветение сои, происходит формирование семян, и недостаток азота может снизить урожай. Наибольшая прибавка урожая (5,0 ц/га) получена при равномерном распределении азота в течение вегетации в несколько приемов.

Таблица 6

Урожай сои в зависимости от сроков подкормки азотом

Сроки внесения азота	Высота растения, см	К-во бобов на растении	Урожай зерна, ц/га
Контроль	47	37	14,2
Перед посевом	49	47	16,1
В начале цветения	52	48	16,5
В начале налива	54	51	18,4
По всходам, в цветение и налив	55	54	19,2
В цветение, налив и созревание	58	53	13,4

В колхозе им. Кирова Тамбовского района в 1949 г. при подкормке сои во время цветения 1 ц аммиачной селитры и 1 ц суперфосфата был получен урожай по 25 ц/га, прибавка составила 4,2 ц/га. Подкормка посевов азотно-фосфорными удобрениями во время цветения и налива зерна на Амурской опытной станции повышала урожай на 20—40% (Куркаев, 1965).

Хорошие результаты (Куркаев, 1965) (табл. 7) получены от подкормки в опытах В. И. Голова в 1961 г. и Д. А. Курдина в 1962 г. Опыт 1961 г. был заложен на участке, где наблюдался недостаток азота, а в 1962 г.— при недостатке фосфора.

Внесение аммиачной селитры в опыте 1961 г. повысило урожай на 1,7 ц/га, в опыте 1962 г., где наблюдался недостаток фосфора, хорошая прибавка урожая получена при внесении суперфосфата и при совместной подкормке азотными и фосфорными удобрениями. При внесении удобрений в подкормку отмечено увеличение веса 1000 зерен: в 1961 г.— на 2,7—7,2 г, а в 1962 г.— на 4,2—14,8 г.

Работами многих ученых установлено положительное влияние внекорневых подкормок на различные сельскохозяйственные культуры. Положительные результаты на сое получены в При-

морском крае (Беликов, 1961; Сидоренко, 1966). В нашем опыте 1957 г., проведенном на Амурской сельскохозяйственной опытной станции, от азотной подкормки (опрыскивание сои N_5 в фазе цветения) получена прибавка урожая в 2,7 ц/га.

Таблица 7

Влияние подкормки на урожай зерна сои, ц/га

Вариант опыта	1961 г.		1962 г.	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль	18,1	—	15,0	—
N_{20} в фазу 3 листа	19,8	1,7	15,3	0,3
P_{30} в фазу 3 листа	19,0	0,9	16,4	1,4
$N_{20}P_{30}$ в фазу 3 листа	19,2	1,1	17,5	2,5
$N_{20}+P_{30}$, цветение	20,6	2,5	—	—

Положительные результаты от внекорневой подкормки получены Н. А. Пенчуковой (1965). При внесении 1 ц суперфосфата на удобренном до посева фоне в фазу цветения и налива урожай сои повышался на 3,5—4,9 ц/га, а в фазу 50% выполненности бобов (20 августа) — на 2 ц/га. Снижение эффективности подкормки в этот срок автор объясняет снижением физиологических процессов у растений.

На Октябрьском сортоиспытательном участке на буро-подзолистой почве в 1964 г. в крайне неблагоприятных условиях получен урожай на контроле 2,8 ц/га, при внесении $N_{30}P_{60}$ — 4,8 ц/га, а при перенесении из этой дозы P_{20} в подкормку урожай увеличился еще на 1 ц. В опытах А. Т. Грицуна (1964) перенесение части удобрений в подкормку также увеличивало урожай.

В 1966 г. на лугово-черноземовидной почве Амурской сельскохозяйственной опытной станции проводилась корневая и внекорневая подкормка сои на различных удобренных фонах (табл. 8).

Таблица 8

Влияние подкормки сои на урожай в зависимости от основного удобрения

Основное удобрение	Подкормка	Урожай, ц/га		
		без подкормки	с подкормкой	разница
Без удобрения	P_{20} внекорневая	16,3	17,6	1,3
N_{30}	P_{30} корневая	16,1	16,8	0,7
P_{90}	$N_{30}P_{30}$ корневая	15,7	17,2	1,5
$N_{30}P_{90}$	$N_{30}P_{30}$ корневая	16,4	18,4	2,0
$N_{30}P_{120}$	N_{30} корневая	15,8	18,0	2,2
$N_{60}P_{120}$	$N_{30}P_{30}$ корневая	17,2	19,2	2,0
$N_{60}P_{120}K_{60}$	P_{20} внекорневая	16,6	17,5	0,9

Как видно из приведенных данных, при увеличении количества основного удобрения получен большой эффект от подкормки. Это объясняется снижением содержания подвижных форм элементов питания в почве во второй половине вегетации, снижением элементов питания в клеточном соке и непропорциональным ростом продуктивной и непродуктивной частей урожая при внесении основного удобрения. В этих условиях и возрастает потребность в подкормках.

Потребность в микроудобрениях

Действие микроудобрений зависит от содержания соответствующих микроэлементов в почвах. Данных о последних для почв Приморья и Приамурья пока получено мало. Анализы на содержание микроэлементов, проведенные в Лаборатории агрохимии Биолого-почвенного института, показали, что изучаемые почвы не бедны потенциальными запасами микроэлементов, как утверждали некоторые авторы (Мизеров, Гантнер, 1956), а напротив, значительно богаче почв Европейской части СССР (табл. 9). Исключение составляет молибден. О низком содержании его в почвах Приморья упоминается в работе Г. И. Гуревич (1962). Некоторые данные по содержанию подвижных форм микроэлементов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 9

Среднее содержание микроэлементов в верхних горизонтах почв Дальнего Востока и Русской равнины, мг/кг почвы

Метод	Микроэлементы					
	Мп	Мо	В	IV	Ni	Co
Значение Кларка по Виноградову для почв Русской равнины	850	2,6	10	100	40	8
Среднее содержание элемента по результатам наших анализов в почвах ДВ (в ср. из 50 опред.)	1340	1,6	56	135	45	10

Марганец. Содержание валового марганца, согласно полученным нами данным, колебалось в верхних горизонтах исследуемых почв от 290 до 6000 мг/кг почвы и подвижного — от 32 до 410 мг/кг почвы. Легкие по механическому составу почвы, по нашим данным, содержат значительно меньше как валового, так и подвижного марганца, чем тяжелые, ввиду большей концентрации его в илстой фракции.

Из литературных данных известно, что районы с недостаточным содержанием марганца, как правило, приурочены к почвам со щелочной и нейтральной реакцией. Таковых почв на Даль-

нем Востоке не обнаружено. Повышенному содержанию подвижного марганца способствует кислая реакция среды и переувлажнение, в результате которого создаются восстановительные условия. Так как для почв Приморья и Приамурья характерно и то и другое, то высокое содержание в них подвижного марганца становится вполне понятным.

Для выяснения влияния переувлажнения почв на динамику подвижного марганца нами проведены соответствующие исследования в вегетационном опыте на луговой глеевой почве с двумя культурами, в которых растения росли при различных условиях увлажнения (60, 70, 80, 90 и 10%) от полной влагоемкости

Как видно из табл. 10, степень увлажнения резко сказывается на содержании марганца. Чем выше влажность, тем больше в почве накапливается марганца, переходящего в 0,1 н серно-кислую вытяжку. При доведении почвы до воздушно-сухого состояния количество марганца уменьшается, но все же разница между вариантами с различной степенью увлажнения сохраняется, только менее выраженная, чем в свежих образцах. Таким образом, за динамикой марганца лучше всего следить в свежих образцах или компостированных.

Таблица 10

Влияние влажности почвы на подвижность марганца,
мг/кг абс. сухой почвы

Увлажнение от полной влагоемкости, %	Содержание подвижного марганца в образцах			
	свежих		воздушно-сухих	
	под соей	под пшеницей	под соей	под пшеницей
100	158,3	176,0	109,1	110,2
90	151,0	147,0	102,2	95,3
80	103,0	106,0	74,8	74,6
70	100,0	97,0	71,2	70,5
60	91,0	89,2	62,4	66,3

При 100% увлажнении почвы содержание марганца под соей и пшеницей неодинаковое, видимо, вследствие различной способности этих культур к биологическому испарению. Пшеница больше страдает от избытка влаги по сравнению с соей.

Если почвы Дальнего Востока распределить в ряд по степени их увлажнения, которое в свою очередь, зависит от количества выпавших осадков, испарения, механического состава, рельефа и некоторых других факторов, из которых мы выбрали основные (табл. 11), то обнаружится, что чем более увлажнены почвы, тем больше в них накапливается подвижного марганца, причем независимо от его содержания в почвообразующей породе. Следовательно, содержание доступного марганца (в основном для изученных почв) зависит от климатических условий, а точнее от

степени увлажнения и длительности их пребывания в переувлажненном состоянии. В годы обильного выпадения осадков не исключено вредное действие избытка марганца, который в данном случае может связывать фосфорную кислоту почв в недоступное для растений соединение.

Таблица 11

Содержание подвижного марганца в почвах Дальнего Востока
в зависимости от количества осадков и механического состава почвы

Место взятия образца (край, область, район, село)	№ разреза	Содержание подвижного марганца, мг/кг почвы	Годовое количество осадков, мм	Механический состав почвы
Приморский, Спасский, Иман	232	260	600—700	тяжелый
Приморский, Пожарский, Губерово	655	193	»	»
Хабаровский, ОПХ *, Матвеевка	5-X	140	500—600	»
Амурская, Октябрьский, Екатеринославка	1-A	110	400—500	»
Амурская, Октябрьский, Панино	2-A	84	»	легкий
Амурская, Октябрьский, Муравьевка	4-A	46	»	»

* Опытное хозяйство.

В изучении проблемы микроэлементов основное внимание исследователей (почвоведов, агрохимиков и геохимиков) до последнего времени было направлено на выяснение закономерностей распределения их в естественных (целинных) почвах, а не пахотных. Хотя известно, что после освоения почв и включения их в эксплуатацию на содержание микроэлементов в большей степени начинают влиять не природные факторы, а антропогенные. К последним мы в первую очередь относим вынос микроэлементов сельскохозяйственными культурами, внесение их в почву с органическими и минеральными удобрениями (в том числе и с микроудобрениями), а также с семенами. Значительное влияние на их содержание оказывает известкование почв и некоторые другие, менее значительные факторы,— внесение с осадками, вынос с эрозией и другие.

В 1963 г. на лугово-бурой оподзоленной почве Приморской сельскохозяйственной опытной станции нами был заложен полевой опыт под сою по следующей схеме: 1) контроль, 2) навоз (40 т/га), 3) известь из расчета на полную гидролитическую кислотность (7 т/га). В течение вегетации 4 раза определяли подвижный марганец (табл. 2) в образцах с трех повторностей опыта, из которых высчитывали средние.

Как видно из табл. 12, содержание подвижного марганца увеличилось при внесении навоза, в котором на 1 кг сухого веса было 1070 мг этого элемента, т. е. его вносилось с навозом около 20—30 кг/га. Известь не повлияла заметным образом на количество подвижного марганца, хотя, по данным некоторых исследователей, она существенно уменьшает его подвижность. Это противоречие, видимо, можно объяснить, во-первых, значительной буферностью наших почв (рН солевой при внесении извести изменился с 4,2 до 4,4), во-вторых, тем, что деланки, где вносили известь, отличались повышенной влажностью почвы, возможно, вызванной коагуляцией почвенных коллоидов, вследствие которой повышалось содержание подвижного марганца и маскировалось снижение его, вызванное известкованием.

Таблица 12

Влияние извести и навоза на содержание подвижного марганца в почве, мг/кг почвы

Вариант опыта	Год							
	1963				1964			1965
	с 15/V (сместанный до внесения)	30/VII	12/IX	20/X	18/IV	23/VII	13/VIII	15/V
Контроль	161,5	85,0	96,0	130,0	121,0	86,0	100,0	95,0
Навоз	»	106,6	121,0	145,0	135,0	96,7	107,6	130,0
Известь	»	86,6	95,0	125,0	125,0	83,3	96,6	95,0

Таким образом, известь, вносимая в дозе, отвечающей полной гидролитической кислотности, не сказывается существенно на содержание подвижного марганца. Навоз несколько увеличивает его количество. Минеральные удобрения при систематическом внесении, согласно данным других исследователей (Ушакова, 1966), также в некоторой степени повышают количество подвижного марганца в почве, хотя в макроудобрениях его содержание незначительное. По мнению указанных авторов, минеральные удобрения повышают доступность почвенного марганца для растений.

Итак, учитывая, что валовое содержание марганца в изучаемых нами почвах довольно высокое, кроме того, повышенное содержание обнаружено в возделываемых растениях и местных органических удобрениях, предполагаем, что при систематическом применении органических и минеральных удобрений его баланс для основных пахотных почв, например, Приморья, будет складываться положительно. Но для окончательного решения этого вопроса, бесспорно, необходимы дополнительные исследо-

вания по выносу элемента с урожаем сельскохозяйственных растений, возделываемых в местных условиях.

Впервые о положительном действии микроэлементов на Дальнем Востоке упоминалось в отчетах Никольско-Уссурийского опытного поля (1917), где, несмотря на малую достоверность проведенных опытов, констатировано положительное влияние марганца на урожай турнепса.

В 1935 г. на почвах Приморья получена небольшая прибавка урожая зерна сои от внесения марганца (Новак, 1938). К сожалению, эти данные одногодичные и неизвестно, в какой форме применялся указанный элемент. Немного позднее опыты по изучению влияния марганца и бора под сою проведены на Амурской сельскохозяйственной опытной станции И. П. Крутовым (1948) на богатой лугово-бурой черноземовидной почве. Как видно из табл. 13, бор и марганец увеличили урожай зерна сои в среднем за 2 года на 7—10%. Но следует отметить, что марганцевый шлам, применяемый в опытах И. П. Крутова, мог содержать другие микроэлементы.

Таблица 13

Влияние марганца и бора на урожай зерна сои,
ц/га (данные И. П. Крутова)

Вариант опыта	Год		В среднем за 2 года			Вид и доза удо- брения
	1939	1940	собрано, ц/га	прибавка, ц/га	%	
Контроль	12,5	21,9	17,2	—	100	
Бор	13,6	23,9	18,8	1,6	109,3	5 кг/га буры
Марганец	14,7	22,4	18,5	1,5	107,5	20 кг/га мар- ганцевого шлама

Аналогичные опыты, проведенные нами на этих же почвах в 1959—1961 гг., не подтвердили выводов этого исследователя. Марганцевые удобрения, вносимые под сою в форме марганцевого шлама и сернокислой соли, которые применялись путем внесения в почву и методом смачивания семян сои перед посевом, не были эффективными.

В 50-е годы рядом авторов (Ожигов, Скрипченко и соавт., 1960) получены данные эффективного применения марганца под картофель. Но прибавки урожая в этих опытах нельзя относить полностью за счет марганца, как элемента питания, так как, во-первых, его применяли в форме марганцево-кислого калия, т. е. вещества, известного своими окислительными или дезинфицирующими свойствами, и, во-вторых, в этих опытах не был учтен калий, который при рекомендуемой дозе мог оказать положительное действие на картофель, культуру, известную своей высокой потребностью в этом элементе. В местной литературе,

однако, имеются данные, где применение марганца в форме сернокислой соли под картофель было эффективным (Скрипченко, 1962). Но эти данные одногодичные.

Таким образом, факт положительного влияния марганца, как питательного элемента, до сих пор следует считать проблематичным. Как показали наши исследования, содержание как валового, так и подвижного марганца, в изученных нами почвах очень высокое, особенно это характерно для почв Приморья.

Некоторые исследователи (Каталымов, 1965) считают, что потребность растений в марганцевых удобрениях обычно проявляется при рН почвенного раствора 5,8 и выше; ниже этого значения рН потребность в марганце, как правило, удовлетворяется за счет самой почвы. Так как в наших условиях практически почти не встречается подобных почв, то не должно, казалось бы, быть причин для беспокойства. Однако окончательные выводы делать преждевременно.

Проведенные исследования показали, что изучаемые почвы отличаются высоким содержанием как валового, так и подвижного марганца. Особенно значительное накопление первого отмечено в почвах Приморья, где выпадает большое количество осадков, а механический состав почв в основном тяжелый. К почвам, обедненным этим элементом, относятся бурые лесные и пойменные, распространенные в Амурской области. В некоторых опытах ряда исследователей отмечена положительная реакция сельскохозяйственных культур на внесение марганца. Однако для окончательного решения этого вопроса необходимы дополнительные исследования в первую очередь на почвах, бедных этим элементом.

Молибден. Среднее содержание его, согласно нашим определениям, составило 1,6 мг/кг почвы, т. е. немного ниже значения Кларка по А. П. Виноградову для почв Русской равнины (табл. 9). Полученные нами данные спектрального и химического анализов позволяют сделать вывод, что пахотные почвы Приморья и Приамурья следует отнести к бедной молибденом биогеохимической зоне. К тому же выводу пришла Г. П. Гуревич (1962), которая, кстати, в своих исследованиях пользовалась только химическим методом.

Считается, например, что в молибденовых удобрениях нуждаются в первую очередь почвы с кислой реакцией. Так, в опытах И. П. Айзуппет (1959) на почве, характеризующейся кислой реакцией (рН солевой вытяжки 4,4), применение молибдена под клевер увеличило урожай сена на 11,8 ц/га, а на почве, характеризующейся слабокислой реакцией (рН 5,8), молибден не увеличил урожая сена. Аналогичные данные получены в опытах Е. И. Ратнера и И. А. Буркина (1959). В наших опытах, проведенных на лугово-черноземовидной почве со слабокислой реакцией (рН 5,8), молибденовые удобрения действовали хорошо

(Куркаев, Голов, 1962). Это можно объяснить только низким содержанием как подвижного, так и валового молибдена.

Известкование кислых почв, проведенное нами на Приморской опытной станции, также не заменило полностью внесения молибдена (табл. 14).

Таблица 14

Влияние извести, навоза и молибдена на урожай сои на лугово-бурой оподзоленной почве Приморского края, ц/га

Вариант опыта	Урожай зерна при 14% влаж., М±m	Прибавка урожая	Урожай соломы
Контроль	18,3±0,18	—	27,3
Навоз, 40 т/га	20,9±0,40	2,6	30,9
Известь, 7 т/га	21,1±0,54	2,8	26,8
Молибден, 50 г/га	20,5±0,83	2,2	27,0
Навоз, 40 т/га + Мо			
50 г/га	19,1±1,02	0,8	32,1
Известь, 7 т/га + Мо			
50 г/га	22,3±0,48	4,0	28,1

Наилучший эффект был получен по варианту известь + молибден. На фоне извести от молибдена получена дополнительная прибавка урожая зерна 1,2 ц/га; следовательно, в наших условиях известь не может полностью заменить молибден, что еще раз подтверждает вывод о низком абсолютном содержании молибдена в почвах Приморья и Приамурья. На варианте навоз + молибден прибавки урожая зерна не получено, хотя каждый из компонентов в отдельности давал положительный эффект. На этом варианте соя полегла, по-видимому, от избытка азота, о чем говорит повышенный урожай соломы.

Содержание подвижного молибдена в верхних горизонтах исследованных почв колеблется от 0,09 до 0,57 мг/кг почвы. Строгой зависимости количества доступного молибдена от типа почвы и величины pH не обнаружено; однако почвы, которые имели высокую гидролитическую кислотность, содержали его значительно меньше.

Нами установлено, что почвы, содержащие 0,42 мг/кг молибдена, хорошо отзываются на внесение молибденовых удобрений. До сих пор, несмотря на большое количество опытных данных, пока еще не получены факты, свидетельствующие об отсутствии эффекта при внесении молибдена под сою в местных условиях. Если и случается такое, то это можно объяснить или недостатком в почве фосфора или избытком азота, поэтому сейчас мы пока не можем назвать почв, на которых не следует вносить молибденовые удобрения под сою. Скорее всего таковых нет среди пахотных полей Приморья и Приамурья. Многочисленные

опытные данные, проведенные за последние 6—7 лет на почвах Дальнего Востока, говорят о высокой эффективности молибденовых удобрений при внесении под сою (табл. 15).

Таблица 15

Влияние способов применения молибдена на урожай сои, ц/га

Вариант опыта	Год				Среднее за 2 года	
	1959		1960			
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль	16,4	—	14,2	—	15,3	—
Смачивание семян	26,3	9,9	20,4	6,2	23,4	8,1
Внекорневая подкормка	18,3	1,9	19,8	5,6	19,1	3,8
Контроль	22,4	—	—	—	—	—
В почву	26,4	4,0	—	—	—	—

Значительная часть молибдена сосредотачивается в клубеньках сои. В период роста могут создаться условия, когда часть корневой системы и клубеньков отмирает. В этом случае внекорневая подкормка сои молибденом может оказаться эффективной.

Изучение доз молибдата аммония при смачивании семян показало, что применять это удобрение в количестве более 50 г/га нет смысла, т. к. эффективность его снижается. Аналогичные данные позднее получены и другими исследователями (Грицун, 1964; Конечная, 1963) в иных почвенно-климатических условиях (табл. 16).

Таблица 16

Влияние различных доз молибдена на урожай зерна сои на почвах Дальнего Востока при внесении его путем смачивания семян перед посевом

Вариант опыта	Амурская сельскохозяйствен. опытн. станция				ДВНИИСХ (Хабаровский край)		Приморская сельскохоз. опытн. станц.*	
	1961 г.	1960 г.	средн. за 2 года	прибавка урожая	1963 г.	прибавка урожая	1963 г.	прибавка урожая
Контроль	16,3	21,0	18,7	—	7,2	—	11,6	—
Молибдат аммония, г/га 10	20,5	23,2	21,9	3,2	11,9	4,7	—	—
25	21,0	24,4	22,7	4,0	12,3	5,1	12,6	1,0
50	21,7	24,9	23,3	4,6	14,2	7,0	13,9	2,3
100	21,7	24,8	23,3	4,6	13,8	6,8	13,8	2,2

* В опытах Приморской опытной станции молибден вносили по фону $N_{20}P_{45}K_{30}$.

Большой интерес представляет изучение последствий молибденового удобрения. Нами установлено, что молибден оказывает последствие на урожай зерна, однако прибавка урожая была незначительной. Поскольку остаточные влияния в основном зависят от накопления молибдена в семенах сои, возникла необходимость выяснить, при каком способе применения молибдена его будет больше накапливаться в урожае зерна.

При смачивании семян молибдатом аммония в них накапливается незначительное количество этого элемента. Например, в семенах, взятых с контрольных делянок, молибден обнаружен в количестве 0,4 мг/кг зерна. В семенах с делянок, где молибден вносили один год, его обнаружено 0,7 мг/кг, а в семенах с делянок, где он применялся 5 лет подряд, — 0,9 мг/кг зерна.

В вегетационных опытах, проведенных нами в 1966 г. на различных почвах (табл. 17), при смачивании семян молибдатом аммония применялась доза в 50 г/га, а при опрыскивании — около 200 г/га, т. е. почти в 4 раза больше. Однако более заметное накопление молибдата в семенах происходит при внекорневой подкормке (в 10 раз больше по сравнению с контролем и в 4—5 раз по сравнению со смачиванием семян). Не исключена возможность, что тут значение имела доза применяемого молибдена, а не способ его внесения.

Следовательно, если высевать семена, взятые с участков, где молибден применяли способом внекорневой подкормки, то последствие, по-видимому, следует ожидать более значительное. По данным американских авторов (Lavy T. L. and Barber S. A., 1963), если в семенах сои содержится 1,6 мг/кг и более молибдена, то применять этот элемент в качестве удобрений не следует. Если допустить, что названная цифра не может быть безоговорочно принята в наших условиях вследствие того, что на накопление молибдена в семенах влияют многие факторы, то можно предположить, что при концентрации в семенах сои до 4—5 мг/кг молибдена, как это происходит при внекорневой подкормке (табл. 17), дополнительное внесение его, по-видимому, не требуется.

Бор. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что содержание валового бора в исследованных почвах довольно высокое и колеблется в пределах 20—105 мг/кг почвы, что, примерно, в 5—6 раз больше, чем в почвах западных областей Союза. Такая же разница отмечена в работе В. А. Ковда и В. Д. Васильевской (1958) для почв Амурской области.

Повышенное содержание валового бора отмечено в луговых глеевых, лугово-бурых и буро-подзолистых почвах, отличающихся тяжелым механическим составом. Для целинных почв характерно более высокое количество бора по сравнению с пахотными. Меньше других обеспечены им легкие по механическому составу, бурые лесные и пойменные аллювиальные почвы.

Таблица 17

Влияние различных способов удобрения молибденом
на накопление его в семенах сои

Почва	Вариант опыта	Урожай зерна сое, г/сосуд. $M \pm m$	Содержание молибдена, мг/кг сухого веса зерна	Доза мо- либдата аммония, г/га
Луговая глеевая	Контроль	$29,1 \pm 0,42$	0,40	—
	Мо, смачивание семян	$32,9 \pm 0,53$	1,20	50
	Опрыскивание растений	$32,3 \pm 0,49$	4,08	200
Буро-подзо- листая	Контроль	$22,8 \pm 1,1$	0,38	—
	Мо, смачивание семян	$28,3 \pm 0,88$	1,12	50
	Мо, опрыскивание растений	$27,5 \pm 0,50$	4,20	200
Буряя лесная	Контроль	$24,8 \pm 0,50$	0,50	—
	Мо, смачивание семян	$31,1 \pm 0,62$	0,96	50
	Мо, опрыскивание растений	$28,7 \pm 1,41$	4,48	200

Как показали наши определения, содержание воднорастворимого бора в изучаемых почвах сравнительно небольшое и колеблется от 0,1 до 1,1 мг/кг почвы. Обнаружено не совсем обычное соотношение (0,1—2,5%) подвижного и валового бора. Это объясняется тем, что основным борсодержащим минералом в наших почвах является турмалин; ряд ученых-геохимиков (Барсуков, Дурасова, 1966; Руб, 1962) относят исследуемую территорию к турмалиновой провинции.

Как уже отмечено рядом исследователей, на почвах Дальнего Востока установлено положительное действие бора на урожай некоторых сельскохозяйственных культур, в том числе и сои. Однако имеются данные и об отрицательном влиянии борных удобрений на эту культуру (Куркаев, 1963; Грицун, 1964). Причина данного явления, на наш взгляд, в том, что во-первых, основные опыты по эффективности борных удобрений под сою проводились сельскохозяйственными опытными станциями, почвы которых содержат повышенное количество воднорастворимого бора; во-вторых, борные удобрения часто применяли путем смачивания семян сои перед посевом.

Внесение бора методом смачивания семян для сои — дело малоперспективное. Это доказано Ф. Маевским (1957). Следует также отметить чрезвычайную чувствительность сои к даже незначительному завышению дозы внесенных борных удобрений (Rubins, 1947).

Результаты проведенных нами лабораторных опытов показа-

ли, что обработка семян сои перед посевом 0,5%-ным раствором борной кислоты отрицательно сказывается на их прорастании. Однако совместное применение борных и молибденовых удобрений путем смачивания семян перед посевом раствором указанной выше концентрации устраняет токсичное действие бора. Подобное явление зарегистрировано в полевых опытах А. Т. Грицуном (1964). Следовательно, если применять максимально допустимую концентрацию борной кислоты (0,5%), то при этом на одном гектаре будет внесено всего 5—10 г удобрения, что, примерно, в 40—50 раз меньше выноса бора соей при урожае в 20 ц/га. Следовательно, об удобрительном действии бора в данном случае не может быть и речи.

Известно, что бор — элемент, необходимый растению в течение всей жизни (Школьник, 1950). Исключение его из питательного раствора даже после цветения отрицательно сказывается на развитии растений. Поэтому ясно, что внесение такого небольшого количества бора с семенами не может удовлетворить потребности сои в этом элементе в течение всей вегетации.

По предварительным данным, полученным нами в вегетационных опытах, наиболее эффективно внесение бора путем двукратного опрыскивания растений сои 0,05%-ным раствором борной кислоты: около 1000 л в пересчете на 1 га. Урожай зерна на бедных данным элементом бурых лесных почвах при удобрении бором этим способом увеличился на 28,2%, а при внесении в почву (1 мг/кг почвы борной кислоты) — на 19,5%. В вегетационных опытах, проведенных на Амурской опытной станции, при внесении бора в почву прибавка урожая на легких бурых лесных и пойменных аллювиальных почвах была еще большей и значительно превысила прибавку от молибдена. В указанных почвах также очень низкое содержание воднорастворимого бора. Опыты по эффективности борных удобрений под сою необходимо продолжить на данных почвах в полевых условиях.

Так как соя очень чувствительна к повышенному количеству бора, возникла потребность изучить его дозы при основном внесении. Но почва для опыта была выбрана неудачно, т. к. на ней борные удобрения не действовали, однако удалось установить, что 5 мг/кг почвы действующего начала бора вызывает депрессию урожая. Оптимальной дозой, видимо, следует считать 0,5—1 мг/кг почвы. Если принять объемный вес почвы за единицу, то при этом доза на 1 га будет составлять соответственно 0,5—1 кг бора. По данным Ю. Н. Казачкова (1969) оптимальной концентрацией бора для песчаных культур следует считать 0,15 мг/кг.

От применения повышенного количества бора у сои наблюдается некроз листьев, рост растений замедляется, семядоли и первые листья белеют, затем покрываются некротичными пятнами и отмирают. Урожай зерна резко сокращается (табл. 18).

Таблица 18

Влияние различных доз бора на урожай зерна сои (фон — NPK)

Вариант опыта	Контроль $M \pm m$	Бор, мг/кг почвы			
		0,5	5,0	10	20
Урожай зерна, г на сосуд	17,4 $\pm$ 0,27	17,7	12,9	5,9	1,8

При внесении бора на легких почвах, по-видимому, наибольший эффект следует ожидать от осажженного бората магния, содержащего 1,3—1,6% бора и 19% магния, который в опытах М. В. Каталымова и В. М. Чурбанова (1959) на супесчаных почвах превосходил действие борной кислоты. В районах залегания легких бурых лесных и пойменных аллювиальных почв, которые распространены в Амурской области и Хабаровском крае, где выпадает значительное количество осадков, осажженный борат магния будет более приемлем. Это удобрение практически не вымывается из почв вследствие плохой растворимости в воде, по этой же причине оно не может быть использовано для внекорневых подкормок. Осажденный борат магния хорошо усваивается и не создает опасных концентраций бора для растений, чувствительных к его избытку, к которым относится соя. Для внекорневых подкормок лучше использовать борную кислоту. Буру следует считать удобрением бесперспективным, т. к. в качестве сырья для ее получения используют борную кислоту.

Ванадий. Содержание ванадия в верхних горизонтах пахотных почв Приморья и Приамурья колеблется, по нашим данным, от 90 до 220 мг/кг почвы. Среднее его значение несколько выше значения Кларка по Виноградову (табл. 9). Однако вопрос о содержании его доступных форм до сих пор остается неизученным.

По данным некоторых ученых, ванадий значительно повышает урожай бобовых культур. Его действия связывают с фиксацией атмосферного азота. В вегетационных опытах, проведенных на почвах Приморского края, внесение ванадия под сою путем смачивания семян не дало положительного результата; такая же картина наблюдалась в полевых опытах, проведенных на Амурской опытной станции. Применение его методом внекорневой подкормки (доза 400 г/га) вызвала некроз листьев. Поражались в основном жилки листа, поэтому, по мере роста, листья сворачивались, что однако не отразилось существенно на урожае зерна. Опыты по применению ванадиевых удобрений под сою необходимо продолжить, изменив дозы и технику внесения удобрений.

Никель. Согласно полученным данным, никеля в исследованных почвах содержится от 15 до 110 мг/кг почвы. Среднее его

значение для почв Русской равнины находится в пределах Кларка (табл. 9).

Смачивание семян сои перед посевом хлористым никелем, проведенное в 1960—1961 гг. на Амурской опытной станции, не дало положительного эффекта. Видимо, содержание его в почве вполне достаточно для развития этой культуры.

Кобальт. Среднее содержание кобальта в поверхностных горизонтах почв Приморья и Приамурья немного выше, чем в почвах Русской равнины (табл. 9). Количество его в исследованных почвах колебалось от 6 до 45 мг/кг почвы.

Применение кобальта под сою в Приамурье не было эффективным. Наблюдалось побеление краев листьев, связанное, по-видимому, с уменьшением поглощения железа при избытке кобальта. В Приморье были получены положительные результаты от применения кобальта совместно с другими микроэлементами под картофель и сою.

Признаки недостатка элементов питания

Проведение подкормок требует тщательного учета состояния питания растений. Путем наблюдения за их внешним видом, анализа клеточного сока растений и анализа почвы необходимо определить недостающий элемент, затем внести его в виде соответствующих удобрений в корневую или внекорневую подкормку.

Общие признаки условий питания сои и потребности в удобрении следующие.

Нормальное питание. Под ним понимается такое, при котором растения хорошо развиваются и дают высокий урожай. Соя будет хорошо расти, если в почве содержится достаточное количество азота, фосфора, калия и других элементов питания, а почва хорошо увлажнена.

Вид посева в молодом возрасте зеленый или темно-зеленый, растения высокорослые, с крупными широкими листьями, междурядия смыкаются. Растения ветвятся, обильно цветут. На корнях много клубеньков, крупных по размеру. Вид листьев и клубеньков сои при разном питании в условиях Амурской области показан в одной из наших работ (Куркаев, Голов, 1962). В клеточном соке черешков верхних взрослых листьев в фазе цветения (при анализе по Магницкому) содержится 250—375 мг азота, 40—60 мг фосфора и 3000 мг калия. В дальнейшем содержание азота снижается.

Недостаток азота. Испытывают его растения сои с молодого возраста на почвах с низким содержанием гумуса (меньше 3%), а где его содержание более высокое, азотное голодание наступает позднее. Внесение азотных удобрений под сою требуется во многих случаях. Без применения молибдена на всех почвах с фазы цветения растения испытывают недостаток азота.

В период роста это обнаруживается по внешнему виду растений. Посев желтовато-зеленый, скорость роста замедлена, растения низкорослые, листья мелкие, широкие. В фазе двух тройчатых листьев первый лист имеет светло-зеленую окраску, равномерную по листу, второй — желтовато-зеленый, окраска его неравномерная: возле жилок светло-зеленая, между жилками — зеленовато-желтая («перистые листья»). В дальнейшем окраска новых выросших листьев такая же. Если азотное голодание уменьшается или исчезает, то верхние листья имеют зеленую окраску (нижние сохраняют более светлую). В фазе плодообразования все листья могут приобрести зеленую окраску, однако желтоватые тона, особенно на нижних, сохраняются до конца вегетации.

В клеточном соке черешков взрослых листьев верхнего яруса азота содержится 0—50 мг, фосфора — 40—80 мг/кг. При уменьшении азотного голодания в верхних взрослых листьях содержание азота выше, чем в нижних.

Корень кремовой окраски, местами светло-бурый, клубеньков сравнительно много, они крупные (в фазе цветения 2—3 мм).

При обеспеченности молибденом, хорошей влажности и аэрации признаки недостатка азота могут исчезнуть через 10—12 дней в результате интенсивной азотофиксирующей деятельности клубеньков.

Недостаток фосфора. Растения будут испытывать его, если в почве перед посевом содержится мало подвижного фосфора, особенно если его меньше 15 мг/кг почвы. Усилению фосфорного голодания способствуют: переувлажнение почвы, кислая реакция, накопление подвижного железа и алюминия. При таких признаках в почву необходимо внести до посева и при посеве суперфосфат или другое фосфорное удобрение.

Во время роста сои признаки недостатка фосфора отчетливо проявляются на внешнем виде растений. Посев зеленый или темно-зеленый, растения растут медленно, листья мелкие, удлиненные, примордиальные, имеют темно-зеленую окраску, на них появляются бурые угловатые пятна отмершей ткани, листья рано опадают. Окраска отмерших листьев бурая. Первый тройчатый лист темно-зеленый, с единичными бурыми пятнами, второй — зеленый, без пятен.

Описанные признаки в дальнейшем распространяются все выше по растению. Нижний ярус имеет тусклый вид, верхний — светлее. Во все фазы сохраняются зеленая или темно-зеленая окраска, растения мелкие, междурядия (при посеве на 45 см) не смыкаются.

У молодых растений корень бурый, сердцевина белая, клубеньки единичные, мелкие (диаметром до 1 мм); расположены они главным образом на боковых корнях. В дальнейшем при улучшении фосфорного питания (или уменьшении поступления

азота) клубеньков может образоваться больше, а цветов и бобов — мало.

В клеточном соке мало фосфора — 0—16 мг/кг, а содержание азота повышенное — до 5 и более мг/кг сока. Недостаток фосфора наиболее сильно отражается на снижении урожая сои. Проявляется он довольно часто, особенно на буро-подзолистых почвах.

Недостаток калия. Испытывать его растения будут, если в почве содержится мало подвижного калия (меньше 50—100 мг/кг почвы при определении по Масловой). В засушливые годы потребность в калийных удобрениях увеличивается, в сырые — уменьшается.

Признаки недостатка калия и потребность в калийных удобрениях нужно ожидать на бурых лесных и пойменных почвах. При его нехватке растения развиваются хуже, урожай зерна снижается. По краям нижних листьев появляются пожелтевшие участки, которые в дальнейшем сливаются и образуют сплошную каемку. Края листьев закручиваются, отмершая ткань выпадает. Хорошо выраженные внешние признаки недостатка калия проявляются сравнительно редко. В клеточном соке калия мало (меньше 1500 мг/кг).

Недостаток молибдена (оксалатно-растворимого) растения испытывают, если в почве его мало (Ринькис, 1963), меньше 0,15 мг/кг почвы. Практически на всех почвах Дальнего Востока молибдена для сои недостаточно.

На бобовых растениях при недостатке молибдена обычно проявляются признаки азотного голодания, так как его действие связано с развитием клубеньков. При нехватке молибдена признаки недостатка азота проявляются сильнее и раньше. В начале цветения или несколько позднее они приобретают светло-зеленую и желтовато-зеленую окраску, которая сохраняется до конца вегетации.

При недостатке молибдена и слабом азотном питании азот в клеточном соке отсутствует, а фосфор накапливается в значительном количестве. При хорошем азотном питании нитратный азот может накапливаться в клеточном соке верхнего яруса растений, так как для синтеза белковых соединений нехватает молибдена.

Клубеньки при наличии фосфора, хотя и образуются в недостаточном количестве, однако не достигают нормальной величины. При хорошей обеспеченности молибденом клубеньков образуется много, и они крупные. Так как клубеньки рано появляются, то их много на стержневом корне.

Недостаток бора. Растения будут снижать урожай, если воднорастворимого бора в почве окажется меньше 0,2 мг/кг (Ринькис, 1963). Недостаток его обнаруживается на бурых лесных и пойменных аллювиальных почвах легкого механического

состава, сказывается прежде всего на плодоношении, происходит опадение цветов и бобов. Внешний вид растений при этом изучен мало. Если внесен избыток бора, то рост растений задерживается, тройчатые листья приобретают удлиненную форму. В дальнейшем растения поправляются.

ЛИТЕРАТУРА

Айзупнiet И. П., 1959. Влияние молибдена на урожай и химический состав красного клевера в условиях Латвийской ССР. В кн.: Примен. микроэлементов в сельском х-ве и медицине, Рига.

Барсуков В. Л., Н. А. Дурасова, 1966. Металлоносность и металлогеническая специализация интрузивных пород районов развития сульфидно-касситеритовых месторождений. «Геохимия», № 2.

Беликов И. Ф., И. Ткаченко, 1961. Соя в Приморском крае. Владивосток, Приморское кн. изд.

Голов В. И., 1966. О содержании микроэлементов в почвах Приамурья. В кн.: Проблемы с.-х. Приамурья, т. I, Хабаровск, Кн. изд.

Грицун А. Т., 1965. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток.

Гуревич Г. П., 1962. Некоторые данные о содержании молибдена в объектах внешней среды Приморского края. Тр. ВНИИЭМГ, № 2, Владивосток.

Каталымов М. В., 1965. Микроэлементы и микрооборудования. М.—Л. Каталымов М. В., В. М. Чурбанов, 1959. Агрохимическая оценка осажженного бора магния как борного удобрения. «Химическая промышленность», № 7.

Качинянн А. И., 1954. Почвы земледельческих районов Дальнего Востока. Хабаровск, Кн. изд.

Ковда В. А., В. Д. Васильевская, 1958. Исследования содержания микроэлементов в почвах Приамурья. «Почвоведение», № 12.

Конечная В. П., 1963. Изучение эффективности молибдена под сою. Научный отчет ДальНИИСХ за 1963 г. (рукопись).

Крутов И. П., 1948. Удобрение полевых культур в условиях Амурской области, Благовещенск.

Куркаев В. Т., В. И. Голов, 1962. Методические указания по применению молибдена под сою. Благовещенск.

Куркаев В. Т., Д. А. Кудрин, Ю. Н. Казачков, 1964. Применение удобрений под сою в Амурской области. «Химия — в сельское хозяйство», Хабаровск.

Куркаев В. Т., 1965. Применение удобрений в Приамурье. Хабаровск, Кн. изд.

Куркаев В. Т., 1965. Почвы Амурской опытной станции и необходимость их удобрения. Тр. Амурской с.-х. опыт. станции, Хабаровск, Кн. изд.

Куркаев В. Т., 1963. О влиянии микроэлементов на урожай сои в Амурской области. В сб.: Микроэлементы в Сибири, № 2, Улан-Удэ.

Малыш К. К., 1946. Возделывание сои в Хабаровском крае. Рукопись.

Мизеров А. В., В. В. Гантнер, 1956. О химическом составе почв южного Приморья по данным спектрального анализа. В сб.: Вопросы лесн. и сельск. хоз-ва ДВ, вып. 1. Владивосток.

Новак А. Г., 1938. Влияние микроэлементов на дерново-подзолистые почвы ДВК. Вестник ДВ филиала АН СССР. Владивосток.

Новак А. Г., 1960. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток, Приморское кн. изд.

Ожигов Е. П., А. Ф. Скрипченко, Л. И. Корень, В. Г. Рейфман, 1960. Микроудобрения — важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приморье. Владивосток.

Пенчукова Н. А., 1965. Внекорневые подкормки сои. Тр. Амурской с.-х. опытной станции, Хабаровск, Кн. изд.

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

Ринькис Г. Я., 1963. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, Изд. АН Латв. ССР.

Руб М. Г., 1962. Гранитонды Приханкайского района и основные черты их металлоносности. Тр. ИГЕМ, вып. 33.

Скрипченко А. Ф., 1962. Влияние марганца на урожай картофеля в Приморье. В сб.: Примен. микроэлементов в сельском хозяйстве Вост. Сибири и ДВ, Улан-Удэ.

Сидоренко П. К., 1966. Внекорневая фосфорная подкормка сои. Научн. тр. Приморского с.-х. ин-та и Приморской с.-х. опытной стан. «Агрономия», вып. 1, Владивосток, Дальневост. кн. изд.

Ушакова В. Ф., 1966. Обеспеченность почв бором, молибденом и марганцем при длительном применении органических и минеральных удобрений. В кн.: Удобрение и плодородие почв. М., Изд. «Колос».

Хавкина Н. В., 1962. Органическое вещество почв низких речных террас Приханкайской равнины. Сообщ. Дальневост. филиала, вып. 16, Владивосток.

Черненко А. Д., К. И. Архипова, 1937. Действие бора и марганца на известкованных почвах Уссурийской области (ДВК). Вестник ДВ филиала АН СССР, № 26.

Школьник М. Я., 1950. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. М.—Л.

Шконде Э. И., 1959. Агрохимическая характеристика почв Зейско-Бурейской низменности. В кн.: Почвенн. и агрометеоролог. хар-ка юж. части Зейско-Бурейского междуречья, Благовещенск, Амурское кн. изд., 1959.

Majewski F., 1957. Postępy nauk rolniczych, N 5.

Lavy T. L. and S. A. Barber, 1963. Agronomy journal, vol., 55, 2.

Rubins E. L., 1947. Soil Science, 81, N 3.

ГЛАВА II

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ СОИ

Внекорневая подкормка, как агроприем, в сельскохозяйственной практике в настоящее время применяется широко. Используются фосфорные, азотные, калийные и кальциевые удобрения, а также многие микроэлементы — бор, медь, молибден, марганец, сера и другие. Подкармливаются посевы зерновых, овощных, плодово-ягодных, технических, масличных и других культур. Отмечено, что внекорневые подкормки положительно влияют на урожай и его качество, стимулируют фотосинтез, дыхание, обменные реакции и повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды. Сущность внекорневой подкормки в том, что удобрения наносятся на надземные органы растения, большей частью на листья, в виде раствора или порошка. В Советском Союзе чаще всего это делается с помощью авиации.

За 1900—1963 гг. внекорневым подкормкам в нашей стране и за рубежом посвящено более тысячи опубликованных работ. Среди них много монографий и обзорных статей. Несмотря на большое количество проведенных исследований, вопросы теории внекорневого питания растений в достаточной мере еще не изучены. Особенно слабо освещены вопросы механизма действия элементов, проникших в организм растения через листья.

Возникает вопрос, противоречит ли биологии наших полевых культур питание их минеральными веществами через листья? Не совершаем ли мы насилие над растениями, применяя внекорневую подкормку? Не будет ли этот прием равноценен тому, когда в некоторых случаях организм человека и животных приходится питать с помощью клизмы или инъекций? Чтобы ответить на поставленные вопросы, обратимся к прошлому и настоящему растительного мира.

По общепринятой теории жизнь на нашей планете зародилась в воде, в океане. Следовательно, растения, обитающие ныне на суше, в далеком прошлом были водными. Эти черты они сохранили и поныне. Их организм на 70—95% состоит из воды. Поч-

ти все клетки наземных растений находятся в водной среде организма. Элементы питания, в том числе и минеральные вещества, поступают к ним через их оболочку. Наряду с этим, в настоящее время около 90% всех растений земного шара продолжает оставаться водными, обитают в морях, океанах, озерах, реках, прудах, болотах и других водоемах. У высокоорганизованных растений в водной среде чаще всего корни служат органами прикрепления к субстрату. У многих они вообще отсутствуют, и все элементы питания растение поглощает всеми клетками, без участия корневой системы. Все это говорит о том, что принципиальной разницы в минеральном питании клеток корней и листьев нет, на что указывали многие авторы (Мацков, 1941, 1957; Сабинин, 1940; Учеваткин и Бородулина, 1953; Егоров, 1957; Ратнер и Баринов, 1959; Трошин, 1956; Уиттвер, Букавак и Таки, 1965; и др.).

Сказанное все же не дает основания ставить знак равенства между корневым и внекорневым питанием наших полевых культур. Все водные растения находятся в однофазной среде — воде и, вполне естественно, все клетки этих растений элементы питания получают непосредственно из воды. Органы же растений суши находятся в двухфазной среде — в воздухе (на свету) и в почве (в темноте). В течение многих миллионов лет растения суши приспособились к новым для них условиям, и отдельные органы стали выполнять специфические функции. Например, надземные побеги выполняют обычно основную функцию — фотосинтез, хотя они могут также поглощать воду и растворенные в ней минеральные вещества. Корневая система поглощает воду и элементы минерального питания. Но этими функциями корневой системы не ограничиваются.

Известный исследователь физиологии минерального питания Д. А. Сабинин (1949) писал об этом: «Значение корневой системы в жизнедеятельности растений выходит далеко за пределы органа, снабжающего надземные части водой и необходимыми элементами минерального питания. В жизни растения первостепенное значение имеют продукты специфических реакций обмена веществ, протекающих в корневой системе. Характер этих реакций и количество образующихся веществ, обладающих высокой физиологической активностью, определяется специфическими видовыми особенностями организма, условиями среды, окружающей корневую систему и ассимилятами, притекающими в корни со стороны надземных органов».

А. Л. Курсанов (1957) показал, что в корнях осуществляется синтез разнообразных важных химических соединений, в том числе и физиологических активных веществ, которые являются необходимыми во внутриклеточном обмене растительного организма.

И. В. Якушкин и М. М. Эдельштейн (1955), применяя внекор-

невую подкормку в посевах сельскохозяйственных растений, пришли к заключению, что этот прием нельзя рассматривать только как дополнительную дачу элементов питания и исправление погрешностей при основном внесении удобрений в почву. Внекорневые подкормки оказывают на растений многостороннее влияние, затрагивающее многие физиологические процессы. Нельзя, говорят они, ограничивать действие внекорневых подкормок только, например, их действием на фотосинтез или дыхание растений или углеводный и фосфорный обмен. Действие внекорневых подкормок на растения значительно шире. Такого же мнения придерживаются Н. С. Авдонин (1954), Уитвер, Буковак и Таки (1965).

Состояние вопроса внекорневого питания растений с достаточной полнотой изложено в монографиях, обзорных статьях и специальных сборниках советских и зарубежных авторов (Мацков, 1957, 1962; Авдонин, 1954; Сб. Внекорневая подкормка с.-х. растений, 1955; Сб. Внекорневое питание растений, 1956; Егоров, 1957; Пейве, 1960, 1961; Уиттвер, Буковак и Таки, 1965).

Из литературных данных известно, что растения по-разному отзываются на внекорневое питание различными элементами. Так, при опрыскивании сахарного тростника мочевиной листья перехватывают до 95% этого соединения. Обобщая данные американских авторов по внекорневому питанию, Уиттвер, Буковак и Таки сообщают, что на Гавайских островах, на ананасовых плантациях при внекорневых подкормках азотистых удобрений в виде мочевины вносится 75—80%, а фосфорных и калийных — 40—50%. Подобные примеры дают большой эффект, в то же время эти исследователи сообщают много фактов, когда внекорневые подкормки не дают эффекта, и в заключение пишут: «Однако истинная ценность внекорневого питания в дополнении к стандартной системе внесения удобрений в почву все еще остается малонизученной».

В Советском Союзе профессор Харьковского сельскохозяйственного института Ф. Ф. Мацков впервые применил в практических целях внекорневую подкормку на ряде культур. Он один из первых обратил внимание на отсутствие теории внекорневого питания растений. Еще в 1941 г. Ф. Ф. Мацков писал: «...обнаружилась чрезвычайно слабая изученность этого нового агроприема, специфические особенности которого невозможно понять, применяя лишь методы опытничества, голого эмпиризма и слепого искания наиболее удачных нормативов. Очевидно, настала необходимость усиления теоретических исследований отдельных сторон заинтересовавшего нас вопроса». Эти высказывания не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

До последнего времени внекорневое питание сои не исследовалось. Среди печатных работ, посвященных внекорневым подкормкам, ни одной не оказалось посвященной этой культуре.

В литературе имеются указания, что удобрения, вносимые в почву под сою, не дают эффекта или они малоэффективны. Так, В. И. Товарницкий (1935), обобщая работы зарубежных авторов применения удобрений под сою, писал, что согласно исследованиям многих из них удобрения, вносимые под сою, особенно азотистые, малоэффективны. А. К. Лещенко, В. В. Касаткин и М. И. Хотулев (1948), обобщая опыты по применению удобрений под сою Ростовской и Ставропольской опытных станций, указывают: «Полученные в опытах прибавки настолько незначительны, что не представляли практического интереса». Отмечено немало подобных случаев и на Дальнем Востоке: в Амурской области и Приморском и Хабаровском краях, когда вносимые под сою удобрения не давали должного эффекта, хотя с контрольных делянок при этом урожай снимался довольно низкий (5—7 ц/га).

Правильно оценить потребность растений в удобрениях можно лишь при знании потребности растения в элементах питания и наличии этих элементов в почве в период вегетации.

В условиях Дальнего Востока соя — культура позднеспелая. Сеется в мае, а убирается — в лучшие годы в конце сентября, а в обычные — в половине октября. Согласно исследованиям А. Т. Грицуна (1965), растения ее до 50% фосфора потребляют в период плодообразования (августе—сентябре); в это же время они поглощают и значительную часть азота. По данным того же автора и В. Т. Куркаева, и Д. А. Курдина (1961), динамика подвижных форм фосфора и азота в почве неблагоприятствует нормальному росту и развитию сои. В начале ее вегетации в почвах Приморского края и Амурской области отмечаются значительные количества подвижных форм соединений азота и фосфора, затем содержание их уменьшается и к началу плодоношения становится ничтожно мало. Поэтому в самый ответственный период, когда начинают формироваться семена, растения испытывают недостаток в основных элементах питания.

Следовательно, образование бобов у сои в обычных условиях протекает при минимальном количестве в почве азота и фосфора.

На Дальнем Востоке в июле—августе, как правило, выпадает большое количество осадков. Почвы же в соесеющих районах большей частью тяжелые, слабоструктурные, гумусовый горизонт мелкий и расположен на плотном подзолистом слое. В силу этого верхний горизонт после выпадения осадков переувлажняется и создаются неблагоприятные условия воздушно-водного режима для корневой системы, микробов и биохимических процессов. В частности, анаэробные условия способствуют образованию труднорастворимых соединений фосфора, типа фосфатов полуторных окислов железа и алюминия.

Из-за переувлажнения почвы и чаще всего из-за смыкания листьев растений в междурядьях обработка посевов в июле прекращается. Таким образом, улучшить воздушно-водный режим почвы путем агротехнических приемов в период образования бобов не представляется возможным. В силу этого, даже при наличии большого количества в почве фосфора, растения испытывают его недостаток и голодают. Аналогичное происходит и при наличии азота в подобных условиях.

О том, что в период плодоношения соя нуждается в питании и весьма отзывчива на внесение удобрений во всех формах, говорится в работах А. Т. Грицуна (1965), В. Т. Куркаева, В. И. Голова (глава I) и Н. А. Пенчуковой (1965). Таким образом, в период образования бобов растения сои оказываются в критическом положении и сильно нуждаются в снабжении фосфором и азотом. Внести их в почву в это время не представляется возможным по указанным выше причинам. Остается один путь — дать растениям элементы питания в виде внекорневой подкормки.

Ранее (Беликов, 1952, 1955, 1957, 1963) установлено, что с момента образования бобов в отдельных узлах вегетативный рост замедляется, а с их появлением во всех узлах он прекращается совсем. Ассимиляты при этом используются локально, т. е. от каждого листа они поступают преимущественно к бобам, которые находятся в его пазухе. После удаления даже всех бобов на растениях или при усилении азотистого питания вегетативный рост не возобновляется. Следовательно, применяя внекорневую подкормку посевов сои, мы будем влиять на увеличение урожая семян и на изменение его качества.

Внекорневая подкормка сои суперфосфатом. В 1955—1956 гг. изучалось внекорневое питание сои с помощью метода меченых атомов (P^{32}). Применялся радиоактивный суперфосфат в виде раствора и порошка. Его наносили на листья различных ярусов. Через небольшой промежуток времени фосфор был обнаружен в подкормленном листе и листьях различных ярусов, стебле, боковых побегах, клубеньках и корневой системе. Особенно много его было отмечено в растущих частях растения (Беликов, 1957, 1963). Позднее подобные опыты с внекорневой подкормкой радиоактивным суперфосфатом проводили П. К. Сидоренко и Н. А. Пенчукова. Они получили аналогичные данные.

Проведенные полевые и производственные опыты с внекорневой подкормкой посевов сои пылевидным суперфосфатом показали большую эффективность этого приема. Урожай семян увеличился на 2—3,5 ц/га. Такая большая эффективность внекорневой подкормки посевов сои объясняется еще и биологическими особенностями растений сои и природными условиями Дальнего Востока. Листья у сои имеют очень густое опушение, и пылинки

суперфосфата довольно прочно удерживаются на листе. Они не смываются осадками и не сдуваются ветром. В июле—сентябре в соеосеющих районах Дальнего Востока относительная влажность воздуха держится на уровне 90—95%, а в ночные часы и в пасмурную погоду в дневные часы она бывает еще выше. Вот почему после проведения внекорневой подкормки суперфосфат растворяется постепенно, и растение получает возможность в течение длительного времени поглощать фосфор. Последний резко улучшает и азотистое питание.

В опытах П. К. Сидоренко отмечено, что фосфор, движущийся вниз по стеблю, в первую очередь поступает к клубенькам, а затем уже в корни. Вскоре после проведения внекорневой подкормки суперфосфатом содержание азота в клеточном соке листьев резко увеличивалось. Подсчет показал, что у подкормленных растений количество клубеньков и их вес увеличивается в 2 и более раза против контроля.

Поскольку поступление фосфора через листья не специфический акт, то и реакция организма растения тоже неспецифическая. В этом отношении весьма интересны данные Н. А. Пенчуковой. Ею показано, что при нанесении суперфосфата на листья растения из расчета 100 кг/га резко увеличивается поступление фосфора в надземные органы через корни. Хотя казалось бы, наоборот, при нанесении на листья суперфосфата из корней в надземные органы должно поступать меньше, чем где удобрения на листья не вносились. Наиболее полное познание роли фосфора, поступающего через листья, позволит использовать внекорневую подкормку намного эффективней. Биологические возможности к этому у сои имеются большие, и урожай ее может быть увеличен еще больше.

Подкормка сои азотистыми удобрениями. Вопрос, нужно ли под сою вносить азотистые удобрения, до сих пор в зарубежной и нашей литературе трактуется по-разному. Одни утверждают, что соя в них не нуждается, наоборот, она сама обогащает почву азотом. Другие придерживаются противоположного мнения и считают, что азотистые удобрения под сою вносить необходимо. А. Т. Грицун в книге «Соя в Приморье» (1965) в разделе «Применение удобрений под сою» пишет: «Пахотные земли Приморья богаты содержанием клубеньковых бактерий, с которыми соя вступает в активный симбиоз и при благоприятных условиях зольного, особенно фосфорного питания, а также при хороших физико-химических свойствах почвы не нуждаются в минеральном азоте. При таких условиях соя свою потребность в азоте почти на 100% удовлетворяет за счет фиксирующего азота атмосферы» (стр. 135—136). В ранний период, когда растение сои имеет только 2—3 тройчатых листа, большую часть продуктов фотосинтеза, созданных этим малым ассимиляционным аппаратом, растение вынуждено отдавать клубенько-

вым бактериям за атмосферный азот. Вот почему в ранний период вегетации соя растет очень медленно. А при наличии в почве азота растения ее не прибегают к помощи клубеньковых бактерий и все ассимиляты расходуют на свои нужды. Почему на почвах, богатых азотом, соя растет энергичнее? Об этом говорят следующие данные.

В колхозе имени КПСС (Приморский край) нами проведены сравнительные наблюдения за ростом и развитием растений на почвах, богатых и бедных азотом. На 10 июля на почвах, бедных азотом, растения сои имели на стебле по 2 узла и 2 листа с общей площадью 50 см²; на это же число на почвах, богатых азотом, растения имели уже по 6 узлов и по 6 листьев с площадью 580 см². Растения сои прибегают к помощи клубеньковых бактерий только в случае, когда нет азота в почве. Если все сбалансировать, то может оказаться, что выгодней под сою вносить минеральный азот и получать больший урожай семян, чем менять часть урожая семян на атмосферный азот клубеньков. Азотистые удобрения часто не влияют на повышение урожайности семян только потому, что их вносят весной, а бобы формируются в сентябре. В такой длинный промежуток времени много азотистых соединений вымывается осадками.

Положительное влияние азотистых удобрений на повышение урожая семян сои и их качество установлено нами специальным опытом (Беликов, 1952). Позднее, в течение трех лет А. И. Чуб и Н. П. Выхрестюк (главы 5 и 6) изучали влияние внекорневой подкормки сои азотистыми удобрениями и установили, что азотистые внекорневые подкормки увеличивают урожай семян сои на 1,5—2,0 ц/га. Несколько уменьшается при этом процент масла в семенах, но общий сбор масла с гектара возрастает. Особенно заметное влияние азотистые внекорневые подкормки оказывают на повышение процента содержания в семенах белка и сбора его с гектара.

Подкормка сои молибденом. Опыты по применению молибдена в качестве микроудобрения под сою проводятся на Дальнем Востоке уже несколько лет Амурской и Приморской опытными станциями, Дальневосточным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства и Дальневосточным государственным университетом. Доказана его эффективность: получается хорошая и устойчивая прибавка урожая. Применение молибдена (обработка семян перед посевом) в настоящее время обязательный агроприем.

В организме растений молибден является составной частью ряда ферментов: ксантиноксидазы, альдегидоксидазы, которые активизируют ферменты — нитратредуктазу, гидроксилламинредуктазу и др. При их помощи клубеньковые бактерии усваивают молекулярный азот воздуха и переводят его в усвояемую форму для растений в виде аммиачных солей; в процессе обменных ре-

акций в организме растений синтезируются аминокислоты, белки и другие азотистые соединения.

При корневом питании бобовые растения также поглощают много азота из почвы. Он чаще всего поступает через корни в виде соединений нитратов и нитритов — NaNO_3 и NaNO_2 . Данные этих соединений могут включаться в белковый обмен растения, только когда с помощью ферментов и молибдена будут переведены в форму аммиачных соединений. При недостатке молибдена в почве азотистые удобрения, кроме аммиачных, бобовыми растениями почти не усваиваются, и растения голодают, несмотря на то, что в почве много азота. Усвоение бобовыми растениями азота и его превращение в процессе обмена находится в большой зависимости от наличия в почве молибдена в усвояемой для растений форме. Чем больше растения потребляют азота, тем больше им требуется молибдена. Вот почему бобовые растения резко реагируют на внесение молибденовых удобрений и дают высокие прибавки в урожай.

Выводы

1. В условиях Дальнего Востока соя имеет сравнительно длинный вегетационный период, который в зависимости от сорта длится от 105 до 140 дней.

2. В течение всего вегетационного периода в довольно большом количестве соя поглощает элементы питания: более 50% азота, фосфора, калия и молибдена в период формирования бобов — августе—сентябре.

3. В силу своеобразных природных условий Дальнего Востока (выпадения большого количества осадков в июле—августе и тяжелые физико-химические свойства почв) к началу формирования у сои бобов элементов питания (азота и фосфора) в подвижной форме в почве в достаточном количестве не оказывается, и растения голодают. Нужны подкормки.

4. Проведенные внекорневые подкормки суперфосфатом, раствором мочевины и молибдатом аммония в этот период дали весьма положительные результаты. Получена прибавка 2—4,5 ц/га семян. Элементы питания из суперфосфата в равной мере хорошо поглощаются клетками листьев как из раствора, так и из порошка.

5. Высокая эффективность внекорневых подкормок объясняется еще тем, что листья у сои имеют густое опушение, благодаря чему капли раствора и пылинок удобрений прочно удерживаются на листе.

Высокая относительная влажность воздуха в период формирования бобов способствует растворению удобрений и хорошему усвоению азотистых и фосфорных соединений через клетки листьев. Кроме того, высокой эффективности внекорневых под-

кормок способствует еще и следующее. С образованием бобов на растении сои ассимиляты перестают поступать в вегетативные органы, а направляются преимущественно в бобы, и этот процесс необратим. Причем, используются ассимиляты локально, т. е. от каждого листа они поступают только к тем бобам, которые находятся в его пазухе. Поэтому корневые подкормки, проведенные на посевах сои в период бобообразования, будут способствовать не только накоплению в семенах пластических веществ, но и изменять их качество.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин Н. С., 1954. Подкормка сельскохозяйственных растений. М., Сельхозгиз.
- Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на химический состав сои. Тр. ДВ ФАН, № 1, серия растениевод. Владивосток.
- Беликов И. Ф., 1955. О локальном использовании продуктов фотосинтеза у сои. Докл. АН СССР, т. 102, № 2.
- Беликов И. Ф., 1957. Поступление радиоактивного фосфора (P^{32}) в растение сои при внекорневом питании. Вестник н.-и. ин-та КНДР, т. 2, № 5 (на корейском языке).
- Беликов И. Ф., 1963. Распределение продуктов ассимиляции у сои в онтогенезе. В кн.: Физиология сои и картофеля на Дальнем Востоке. Изд. АН СССР.
- Беликов И. Ф., И. Г. Ткаченко, 1961. Соя в Приморском крае, Владивосток.
- Грицун А. Т., 1965. Применение удобрений под сою. В кн.: Соя в Приморском крае. Владивосток.
- Егоров А. В., 1957. Внекорневое питание растений фосфором. Известия ТСХА, вып. 3.
- Куркаев В. Т., Д. А. Курдин, 1961. Удобрения сои. Благовещенск.
- Курсанов А. Л., 1957. Корневая система растений как орган обмена веществ. Известия АН СССР, № 6, серия биологич.
- Лешенко А. К., В. В. Касаткин, М. И. Хотулев, 1948. Соя. М., Сельхозгиз.
- Мацков Ф. Ф., 1941. Теория и практика внекорневой подкормки. Записки Харьковского СХИ, т. 3, вып. 1—2.
- Мацков Ф. Ф., 1957. Внекорневое питание растений, Киев. Изд. АН УССР.
- Пейве Я. В., 1960. Микроэлементы и ферменты. Рига.
- Пейве Я. В., 1961. Роль микроэлементов в обмене веществ и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Изв. АН СССР, № 6.
- Пенчукова Н. А., 1965. Внекорневые подкормки сои. Тр. Амурск. с.-х. опытной станции, Хабаровск, Кн. изд.
- Ратнер Е. И., Г. В. Бариннов, 1959. «Физиология растений», № 3.
- Сабинин Д. А., 1940. Минеральное питание растений. М.—Л., Изд. АН СССР.
- Сборник: Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений, 1955. М., Сельхозгиз.
- Сидоренко П. К., 1967. Внекорневая подкормка сои в условиях Приморского края. Автореферат кандид. дисс.
- Сабинин Д. А., 1949. О значении корневой системы в жизнедеятельности растений. Девятое Тимирязевское чтение. Изд. АН СССР.
- Трошин А. С., 1956. Проблема клеточной проницаемости. М.—Л., Изд. АН СССР.

Сборник: Внекорневое питание растений. Сборник переводов из иностр. период. литературы, 1956. Изд. ИЛ.

Учеваткин Ф. И., А. А. Бородулина, 1953. Результаты исследований по внекорневым подкормкам хлопчатника. Изв. АН УзССР, № 3.

Унттвер С. Х., М. Д. Буковак, Х. Б. Таки, 1965. Достижения во внекорневом питании растений. В кн.: Удобрения. Изд. «Колос».

Якушкин И. В., М. М. Эдельштейн, 1955. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных культур, М., Изд. «Знание».

ГЛАВА III

ВНЕКОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА СОИ СУПЕРФОСФАТОМ

Среди агротехнических приемов, направленных на повышение урожайности сои, особое место принадлежит правильному внесению удобрений.

Соя отличается продолжительным периодом вегетации и неравномерным потреблением питательных веществ по фазам развития. Наибольшее количество их поглощается ею в фазу образования бобов, поэтому удовлетворить потребность сои в питательных веществах при основном внесении удобрений в полной мере невозможно. Так, по данным Амурской и Приморской сельскохозяйственных опытных станций, основное внесение удобрений улучшает фосфорное питание сои только до фазы цветения, а к моменту образования бобов растения, как правило, испытывают фосфорное голодание.

Многими исследователями установлено, что наивысший эффект от применения удобрений достигается, наряду с внесением их в качестве основного удобрения местным способом (в рядок), при подкормке в период вегетации растений. Таковой является корневая подкормка, эффективность которой и доказана на культуре сои (Беликов, 1952; Грицун, 1958; Куркаев, 1963). Однако она имеет существенные недостатки: рабочими органами культиватора неизбежно повреждается корневая система, этот прием еще и трудно выполним в связи со смыканием листьев в междурядьях; кроме того, на Дальнем Востоке во второй половине лета на посевах сои нередко бывает настолько переувлажненной, что провести корневую подкормку не представляется возможным.

Соя в наших условиях созревает и убирают ее в конце сентября—октябре. Формирование зерна в бобах происходит в августе—сентябре.

По данным многолетних исследований, во второй половине вегетационного периода, когда происходит образование бобов и налив зерна, растению требуется большое количество элементов питания, в почве же в это время их оказывается в минимуме.

Установлено (Грицун, 1965), что 50% всего усвояемого фосфора соя потребляет в сравнительно небольшой по продолжительности период — формирования репродуктивных органов. Если потребность азота в это время соя в основном удовлетворяет за счет деятельности клубеньковых бактерий, то фосфорное питание можно улучшить только путем проведения подкормок. Все это дало основание обратиться к внекорневым подкормкам. Мы отдаем предпочтение фосфорным подкормкам не только потому, что в это время в почве в подвижной форме фосфора мало, но и потому, что для растений сои он имеет и другое значение — участвует в физиологических процессах обмена веществ и стимулирует развитие клубеньковых бактерий. Высокий уровень фосфорного питания обеспечивает повышение урожая, ускоряет созревание, увеличивает процент масличности семян сои (Грицун, 1952; Малыш, Рязанцева, 1965; Куренкова, 1949; Новак, 1960, 1961).

1. Распределение фосфора между органами растения

Изучение распределения радиоактивного фосфора (P^{32}) между органами растения у сои впервые начато И. Ф. Беликовым (1957), затем продолжено П. К. Сидоренко (1966) и Н. А. Пенчуковой (1967). Опыт последней проводился в 1966 году, использовался при этом радиоактивный суперфосфат, меченый по фосфору (P^{32}) с удельной активностью 26,3 мккюри/г. На опытный участок в предпосевную обработку было внесено $N_{30}P_{60}K_{30}$ кг/га. Испытывался сорт сои Салют 216. Подкормка проводилась в фазу образования бобов. Опыливали листья различных ярусов. У одной группы растений — 4 лист, у другой — 8 и у третьей — 10-й лист, считая снизу. Для учета отбирали растения, одинаковые по развитию, с равной площадью питания.

Через одни и пять суток у опытных растений удаляли опыленный лист; растения выкапывали, тщательно промывали, разделяли на части, высушивали и измельчали. Радиоактивность отдельных частей растения определяли на радиометре Б-2 с торцевым счетчиком Т-25 БФЛ. Передвижение фосфора в разные части растения прослеживали по радиоактивности, выраженной числом импульсов в минуту на 1 г вещества.

Из данных табл. 1 видно, что фосфор, нанесенный на листья, расположенные в разных ярусах, передвигался в другие органы, особенно много его накапливалось в бобах и корнях. Это наблюдали уже через сутки после начала опыта, и более четкие результаты получили через 5 суток. В бобы фосфор поступал примерно одинаково из листьев всех трех ярусов, а в корни наибольшее его количество поступало из листьев нижнего и среднего ярусов. По мере удаления опыляемого листа от поверхности почвы, перемещение фосфора в корни замедлялось.

Таблица 1

Удельная активность отдельных частей растения при опылении суперфосфатом, меченым P^{32} , отдельного листа сои

Вариант	Листья	Черешки	Бобы	Корни
		нмп/мин. на 1 г вещества		
Опылен 4 лист в нижнем ярусе:				
через 1 сутки	59	61	234	173
через 5 суток	134	100	307	265
8 лист в среднем ярусе:				
через 1 сутки	181	142	268	213
через 5 суток	386	143	354	383
10 лист в верхнем ярусе:				
через 1 сутки	366	—	341	156
через 5 суток	352	149	399	164

Лучшим доказательством передвижения питательных веществ при внекорневом использовании служит поступление их в корни. В опыте с опылением листьев нижнего и среднего ярусов уже через сутки после опыления корни накапливали значительное количество фосфора, а через 5 суток его накопилось еще больше. Фосфор сравнительно равномерно распределялся между корнями и бобами, но количество его в бобах было значительно выше. В варианте с опылением листа в верхнем ярусе фосфор перемещался и распределялся несколько иначе: более равномерно между листьями и бобами и значительно меньше оттекал в корни.

Таким образом, нанесенные на листья сои питательные вещества передвигаются и распределяются по всем органам растения. Как установлено ранее И. Ф. Беликовым и П. К. Сидоренко, это дало возможность посредством внекорневых подкормок повышать урожай и направленно изменять его качество. Локальность использования фосфора здесь отмечается в меньшей степени, чем при использовании ассимилятов (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что фосфор, поглощенный листом нижнего яруса в наибольшем количестве локализуется в бобах «подкормленного» листа, а также передвигается в нисходящем направлении тоже в довольно большом количестве к корням. С восходящим током фосфора поступает в 2 раза меньше, чем с нисходящим. С листа среднего яруса фосфор сравнительно одинаково распределяется между бобами «подкормленного» листа нисходящим и несколько меньше восходящим токами. При опылении листа в ярусе поглощенный фосфор большей частью поступает в листья верхнего яруса и несколько меньше — вниз от опыленного листа. Но больше всего фосфора локализуется в бобах.

Таблица 2

Отток фосфора от «подкормленных» листьев в другие органы сои

Вариант опыта	Направление оттока фосфора	Средняя уд. активность в имп/мин. на 1 г вещества		
		корни	листья	бобы
Опылены 4-й лист (нижний ярус)	4-й лист	—	—	887
	ниже	265	—	257
	выше	—	120	157
8-й (средний ярус)	8-й	—	—	383
	ниже	383	261	376
	выше	—	296	298
10-й (верхний ярус)	10-й	—	—	—
	ниже	164	232	399
	выше	—	355	—

Аналогичные данные получены и при внекорневой подкормке радиоактивным фосфором растений сорта Хабаровская 4 (табл. 3).

Таблица 3

Распределение фосфора, поглощенного листьями разных ярусов, при опылинии сои радиоактивным суперфосфатом в начале образования бобов

Опыленные листья (снизу вверх)	Радиоактив., обнаруж. в органах сои через 5 суток после начала опыта, имп/мин/г			
	листовые пластинки	черешки листьев	бобы	корни
4-й	284	428	763	598
7-й	419	263	987	394
9-й	1507	443	1149	290

При опылинии 4-го снизу листа радиоактивным суперфосфатом в начале образования бобов наибольшая радиоактивность обнаруживается в корневой системе, меньшая — в бобах и листовых пластинках. При подкормке листа среднего яруса (7-го снизу) в корневую систему фосфора перемещается несколько меньше, а при опылинии листа верхнего яруса (9-го снизу) он почти весь поглощается надземными органами. Способы и сроки внекорневых подкормок этой закономерности не нарушают.

Фосфор, поглощенный одним листом, вскоре обнаруживается во всех органах растения. Результаты радиометрии показали довольно равномерное распределение P^{32} между листьями в начале образования бобов. Однако в молодых растущих листьях он обнаружен в значительно большем количестве.

В опытах с использованием P^{32} выявлена прямая зависимость в распределении фосфора между листовыми пластинками и бобами. Чем больше фосфора поступает в листовые пластинки, тем больше его и в бобах.

Поглощенный листом фосфор между бобами распределяется локально. В бобы «подкормленного» листа его поступает во много раз больше, чем в другие. Исключение составляют молодые листья, из которых фосфор усиленное оттекает в бобы других узлов. В бобах «подкормленного» листа его задерживается при опылении листа 4-го снизу — 41%, 7-го — 28%, 9-го — 20% от переместившегося в бобы.

Роль внекорневого питания заключается не только в частичном удовлетворении потребности растения в нужных ему питательных веществах. В природе поступление последних через листья в какой-то мере сочетается с поступлением через корни. Исследованиями Р. Х. Айдиняна (1958) установлено стимулирующее действие внекорневых подкормок на поступление элементов питания через корневую систему. Некоторые авторы (Хейфец, 1958; Учваткин и Бородулина, 1953) связывают усиление поступления зольных элементов под влиянием внекорневых подкормок с активизацией работы ферментов в растительном организме. В этой связи возможно усиление деятельности корневой системы.

В наших опытах (Беликов, Пенчукова 1968) радиоактивный фосфор, внесенный на глубину залегания корней, интенсивнее поступал через корни растений, опыленных простым суперфосфатом (табл. 4).

Таблица 4

Поступление фосфора P^{32} из почвы в растение при внекорневой подкормке суперфосфатом, имп./мин. на 1 г вещества

Часть растения	Удельная активность		±
	внекорневая подкормка не проводилась	внекорневая подкормка суперфосфатом	
Корни	326,8	449,8	+123,0
Стебли	156,0	139,6	-16,4
Листья	118,4	100,6	-17,8
Бобы	119,9	226,0	+106,1

Нанесение суперфосфата на листья усиливает поступление радиоактивного фосфора из почвы в растение в 1, 2 раза. Особенно много его поступает в бобы. Так, у подкормленных растений удельная активность бобов была в 1,8, корней — в 1,3 раза выше, чем у контрольных растений. Следовательно, фосфорные удобрения, нанесенные на листья в определенной дозе, стимулируют физиологические процессы, усиливающие поглощение фосфора корнями из почвы.

Погодные условия 1966 г. были сравнительно благоприятными для сои, так как не было переувлажнения почвы, типичного для климата Амурской области, поэтому корневая система сои развивалась в оптимальных условиях в течение всей вегетации. Надо полагать, что стимулирующее действие внекорневых подкормок будет сказываться более сильно при неблагоприятных условиях для деятельности корней. Внекорневые подкормки не только дополняют недостающие элементы питания, но и способствуют косвенным путем более энергичному поступлению их из почвы, улучшая тем самым обмен веществ между почвой и растением.

2. Дозы удобрений и способы подкормок

У растений сои неодинаковая чувствительность к концентрациям и дозам удобрений, в том числе применяемых посредством внекорневой подкормки. Появление ожогов на листьях после их опрыскивания растворами повышенной концентрации — одна из отрицательных сторон внекорневых подкормок. Поэтому, прежде чем их применить, пришлось провести специальные опыты по установлению предельных, безвредных для растения концентраций и доз удобрений.

Из данных табл. 5 видно, что наилучшей дозой при опрыскивании дает 2%-ный раствор фосфорной вытяжки, а при опылении посевов — 100 кг суперфосфата (отмечается меньше ожогов листьев). Наибольшая прибавка в урожай тоже получается при этих дозах (табл. 6).

Таблица 5

Дозы и способы нанесения удобрений на листья сои при внекорневой подкормке сорта Приморская 529 (удобрения наносились в фазу начала образования бобов), 1963 г.

Доза и концентрация раствора	Число растений		
	в опыте	из них поврежд.	
	шт.		%
Опрыскивание раствором 500 л/га:			
0,5%-ным	86	нет	—
1,0	81	нет	—
2,0	90	1	1,1
3,0	79	12	15,2
4,0	84	47	56,0
Опыливание суперфосфатом 50 кг/га:	78	нет	—
100	82	2	2,4
150	87	13	15,0

В большинстве случаев внекорневые подкормки проводятся путем опрыскивания посевов. Этот способ требует значительных затрат труда и денежных средств, способ же опыливания менее

Таблица 6

Эффективность внекорневой фосфорной подкормки сои в зависимости от дозы и способа ее применения (Приморский край, сорт Приморская 529)

Вариант опыта	1963 г.			1964 г.			1965 г.		
	урожай зерна, ц/га	прибавка урожая		урожай зерна, ц/га	прибавка урожая		урожай зерна, ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	15,2	0,0	100,0	14,5	0,0	100,0	16,9	0,0	100,0
Опрыскивание 2%-ным раствором, 500 л/га	19,3	4,1	127,0	17,5	3,0	120,6	20,0	3,1	118,3
Опрыскивание 1%-ным раствором, 500 л/га	—	—	—	16,8	2,3	115,8	18,9	2,0	111,8
Опрыскивание 2%-ным раствором, 250 л/га	—	—	—	16,5	2,0	113,8	18,3	1,4	108,2
Опыливание, 100 кг/га	18,7	3,5	123,0	17,4	2,9	120,0	20,2	3,3	119,5
Опыливание, 50 кг/га	—	—	—	17,2	2,7	118,6	19,2	2,3	113,6
%			2,4			1,6			1,1
НСР			1,7			0,8			0,6

трудоемок и, как свидетельствуют результаты опыта, дает почти равноценный эффект с опрыскиванием.

Высокая эффективность подкормки путем опыливания объясняется наличием у сои большой листовой поверхности, а также тем, что лист у нее несколько гофрирован и сильно опушен волосками. Частицы удобрения равномерно распределяются по листу и прочно удерживаются на его поверхности. При образовании росы фосфорная кислота переходит в раствор и поступает через оболочку клеток в растение.

Как установлено исследованиями Е. И. Ратнера, Г. В. Барина (1959), Г. В. Барина (1964), суперфосфат на поверхности листа обладает большой растворимостью и гигроскопичностью и при наличии высокой влажности воздуха может переходить в такое состояние, при котором становится возможным ионный обмен на поглощающей поверхности листа. В условиях Дальнего Востока относительная влажность воздуха в июле—августе составляет 80%, что способствует усвоению питательных

веществ через листовую поверхность при нанесении их в пылевидном состоянии даже при отсутствии росы.

Аналогичные опыты по выявлению оптимальных доз суперфосфата при внекорневой подкормке проводились и в Амурской области с другими сортами сои (табл. 7).

Таблица 7

Урожай сои при разных дозах внекорневых подкормок суперфосфатом сои Салют 216 (1966 г.)

Доза, кг/га	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Вес 1000 семян, г	Увелич. веса 1000 семян, г
Контроль	21,4	—	153,7	—
50	22,9	1,5	154,9	1,2
100	23,4	2,0	156,1	2,4
150	22,4	1,0	154,0	0,3
E = 0,34 ц/га P = 1,47%				

Данные табл. 7 свидетельствуют, что и здесь наилучшей дозой суперфосфата оказалась 1 ц/га; она дала наивысшую прибавку урожая — 2 ц/га и веса на 1000 семян — 2,4 г. Заметно повысила урожай доза 0,5 ц/га и меньше повлияла доза 1,5 ц/га. На вариантах, опыленных дозой 1,5 ц/га, наблюдались многочисленные ожоги листьев, что, очевидно, отрицательно сказалось на продуктивности растений.

Вопрос о дозах нами изучался и в опытах с использованием метода «меченых» атомов (1966 г.). Закладывались они в полевых условиях. В качестве фона на глубину залегания корней в почву вносили раствор KH_2PO_4 , меченный P^{32} . Растения опыливали обычным суперфосфатом. Опыт закладывали в пятикратной повторности, опыливали по 10 растений. Через 5 суток определяли активность листьев растений по ярусам с помощью интенсиметра «Луч-А» (табл. 8).

Таблица 8

Радиоактивность почвы и листьев разных ярусов сои, имп./мин.

Вариант опыта	Почва	Листья ярусов		
		нижнего	среднего	верхн.
Контроль	3500	600	220	30
Опыление листьев в кг/га:				
50	3700	780	400	70
100	3500	1680	460	200
150	3720	680	280	100
Внесено в почву в междурядья 150	3500	680	290	50

Из табл. 8 видно, что внекорневая подкормка вызвала сравнительно большой приток в надземные органы фосфора из почвы. Наибольшее его количество оказалось в листьях нижнего яруса, меньше — в среднем и еще меньше — в верхнем. Наибольшее количество фосфора из почвы поступило в листья растений при внекорневой подкормке суперфосфатом в дозе 100 кг/га, меньше — при дозе 50 и 150 кг/га.

Через 12 суток после подкормки все опытные растения были выкопаны, обмыты, разделены, высушены, измельчены. Радиоактивность в них определяли на установке типа Б-2 с торцовым счетчиком Т-25 БФЛ (табл. 9).

Таблица 9

Радиоактивность P^{32} в различных органах растения сои

Вариант опыта	Имп/мин. на 1 г вещества			
	листья	стебли	бобы	корни
Контроль без опыления	278	386	285	868
Опыление листьев в кг/га:				
50	492	514	711	1803
100	1970	1266	2441	3271
150	638	679	1071	976
150 кг/га внесено на почву в междурядия	127	259	162	804

Данные табл. 9 говорят о том, что внекорневая подкормка способствовала поступлению фосфора во все органы растения. Больше его было в корнях, меньше — в бобах, стеблях и листьях. Как через 5, так и через 12 суток при внекорневой подкормке оптимальной дозой была 100 кг/га. Слабый эффект малой дозы 50 кг/га, надо полагать, объясняется недостаточным содержанием фосфора, чтобы активизировать физиологические процессы растения. Большие дозы, очевидно, угнетали их.

Данные табл. 5—9 говорят о том, что в условиях Приморского края и Амурской области наилучшей дозой суперфосфата при внекорневой подкормке сои является 100 кг/га.

Сравнительный опыт подкормки сои через листья и корни

Несмотря на наличие в литературе большого количества фактического материала, говорящего о высокой эффективности внекорневых подкормок на различных культурах, мы встретились со скептическим отношением применения этого приема на практике.

Сравнительные опыты мы проводили в течение трех лет в условиях Приморского края на опытном поле Приморского сель-

скохозяйственного института. Для подкормки использовали суперфосфат в дозе 100 кг/га. К началу проведения опыта подкормки растения имели мощно развитую вегетативную массу. Из-за сомкнутости листьев в междурядьях внекорневая подкормка проводилась вручную с помощью ранцевого опылителя. А при корневой подкормке удобрения заделывали тяпкой по середине междурядия на глубину 5—10 см.

Из табл. 10 видно, что при внекорневой подкормке прибавка урожая во все годы была выше, чем при корневой. В среднем за три года от корневой подкормки она составила 1,63 ц/га семян, а от внекорневой — 2,57 ц/га.

Таблица 10

Сравнительная эффективность корневой и внекорневой подкормок сои суперфосфатом по фону $N_{30}P_{45}K_{30}$, сорт сои Приморская 529 (по годам)

Вариант опыта	Урожай семян, в ц/га			Прибавка					
				ц/га			%		
	1963	1964	1965	1963	1964	1965	1963	1964	1965
Контроль	20,7	16,2	19,6	—	—	—	—	—	—
Корневая подкормка	21,9	17,9	21,6	1,2	1,7	2,0	5,7	10,5	10,2
Внекорневая подкормка	23,7	18,5	22,1	3,0	2,3	2,5	14,5	14,2	12,8

Наблюдения показали, что на тяжелых по механическому составу почвах корневая система размещается близко к поверхности и при внесении в почву удобрений она сильно повреждается орудиями, тем самым затрудняется поступление элементов питания в организм растений. При нанесении суперфосфата на листья фосфор органам плодоношения (бобам) доставляется, надо полагать, быстрее. Внекорневая подкормка имеет еще и следующие преимущества перед корневым внесением удобрения: в период образования бобов ее можно проводить с помощью авиации и за световой день подкормить до 500 га посевов одним самолетом; а при корневой — с помощью трактора такую площадь надо обрабатывать несколько дней. При корневой подкормке обычно повреждается много растений и чаще всего им приносится больше вреда, чем пользы. С помощью самолета растения не повреждаются, подкормку можно проводить и при переувлажненной почве.

В процессе проведения опытов внекорневой подкормкой возникли вопросы, действительно ли наносимый на листья суперфосфат усваивается именно листьями. Не вернее ли предположить, что суперфосфат, которым проводится опыление, осыпается с листьев на землю и поглощается корнями. Чтобы ответить на них, был поставлен специальный опыт из трех вариантов:

1) контроль, 2) обычная внекорневая подкормка (опыление растений сои из расчета 100 кг/га суперфосфата), 3) нанесение такой же дозы суперфосфата на поверхность почвы (с предположением, что весь суперфосфат при опыливании ветром сдувается с листьев на почву).

Данные табл. 11 показывают, что при внекорневой подкормке элементы питания в растение в большем количестве поступают не через корни, а через листья. Специальным учетом установлено, что при опылении сои суперфосфатом с помощью самолета на землю его попадает 10—25% от всей вносимой дозы. Отмечено, что при нанесении фосфора на листья поступление фосфорной кислоты в растение протекает быстрее, чем при корневой подкормке. Это подтверждают данные исследований на содержание фосфора в клетке растений. Наличие фосфора в растении на третий день после внекорневой подкормки наблюдается только на 8-й день и в меньшем количестве. Это дает основание считать, что на листья нанесение его более эффективно.

Таблица 11

Сравнительные данные оценки внекорневой и корневой подкормки растений сои, 1965 г.

Вариант опыта	Урожай семян сои, ц		
	с гектара	разница	%
Контроль	19,6	—	100,0
Внекорневая подкормка	22,1	2,5	115,3
Нанесение всей дозы удобрений на поверхность почвы	20,3	0,7	104,0

4. Сроки проведения подкормок

Эффективность подкормок в значительной степени зависит от правильного выбора срока их проведения. В наших опытах изучалось влияние различных сроков на продуктивную часть урожая и его качество. Опыты проводились одновременно в Приморском крае и Амурской области.

Амурская область. Посевы сои подкармливались пылевидным суперфосфатом в фазы: цветения, начала образования бобов и половинной выполненности семян (табл. 12).

Внекорневые фосфорные подкормки усиливают приток фосфора в органы плодоношения сои, более чем вдвое усиливают процесс плодообразования, почти на 15% снижают опадение завязей и на 4—5 штук увеличивают число бобов на каждом растении. Влияние внекорневых подкормок суперфосфатом проявляется в течение всего периода формирования продуктивной части растения. В дальнейшем оно сказывается в увеличении

Таблица 12

Формирование бобов при внекорневых фосфорных подкормках сои
(1964—1966 гг.)

Срок подкормки	Образовалось плодозем. с 5 по 15/VIII, шт.	Опавших бобов, %	Число бобов на раст. к уборке, в ср. шт.
Контроль	3,5	19,5	26,3
Фаза цветения	7,9	11,2	28,9
Начало образов. бобов	5,3	10,7	30,9
Половинная выполненность семян	—	4,2	29,5

сбора семян с одного растения за счет снижения абортивности их на 2,2—4,8%, а также в увеличении веса 1000 штук семян.

Данные табл. 13 говорят о том, что внекорневая подкормка действовала благоприятно на органы плодоношения во все сроки.

Таблица 13

Влияние внекорневых подкормок на формирование семян
(в среднем за 1964—1966 гг.)

Срок подкормки	Абортив. семян, %	Число семян с 1 раст., шт.	Вес 1000 се- мян, г	Вес семян с 1 раст., г
Удобрённый фон — $N_{30}P_{60}$				
Контроль	14,8	49,7	149,0	11,2
Фаза цветения	11,7	56,8	155,3	13,3
Начало образования бобов	10,9	61,9	154,6	13,7
Половинная выполнен- ность семян	10,8	60,2	155	12,6
Неудобрённый фон				
Контроль	13,5	46,7	146,6	11,5
Фаза цветения	8,4	56,3	150,8	13,0
Начало образования бобов	10,8	58,8	152,9	13,3
Половинная выполнен- ность семян	11,4	55,7	151,1	13,1

Положительно сказывались внекорневые подкормки и на вес 1000 зерен, и на урожай семян с гектара (табл. 14).

Погодные условия 1965 г. по количеству осадков и обеспеченности теплом мало отличались от средней многолетней нормы. Однако осадки распределялись неравномерно, в результате дефицита влаги в почве всходы появились с опозданием. По эффективности внекорневая подкормка на удобренном и неудоб-

Таблица 14

Урожай и вес 1000 семян сои при внекорневых подкормках суперфосфатом

Год	Фаза					
	цветения		образования бобов		50% выполн. бобов	
	контроль	подкормка	контроль	подкормка	контроль	подкормка

Урожай, ц/га, неудобренный фон

1964	12,0	13,3	12,0	13,5	12,0	14,3
1965	16,8	17,0	17,0	19,2	16,8	20,1
1966	22,8	24,1	21,3	22,8	23,7	24,1

Удобрённый фон

1964	12,5	16,0	12,6	17,4	12,4	14,5
1965	17,1	19,4	17,0	19,0	17,2	18,7
1966	19,9	20,6	20,8	20,9	20,9	21,6

Вес 1000 семян в г. Неудобренный фон

1964	140	155	148	156	149	150
1965	140	146	140	150	140	149
1966	150	152	—	—	151	154

Удобрённый фон

1964	148	157	147,0	159	146	159
1965	154	160	154,3	159	154	161
1966	146	148	146,1	146	143	144

Результаты математической обработки урожая
(по Перегудову)

	1964 г.	1965 г.	1966 г.
Неудобренный фон	E=1 ц/га P=5,8%	E=0,5 ц/га P=3,0%	E=0,45 ц/га P=1,7%
Удобрённый фон	E=0,7 ц/га P=4,6%	E=0,8 ц/га P=4,6%	E=0,66 ц/га P=2,8%

ренном фоне практически была одинаковой (прибавка от 1,5 до 3,3 ц/га, или 9—25%).

Лучшие результаты дала внекорневая подкормка в фазу бобообразования и 50% выполненности бобов. На неудобренном фоне в фазу цветения внекорневая подкормка незначительно повышала урожай, на удобренном же — превысила контроль на 13%. От применения подкормок во все фазы их проведения вес 1000 семян увеличился на 5—10,5 г. Несколько больше превышение было на неудобренном фоне.

В 1966 г. погодные условия для роста и развития сои оказались благоприятными. Сумма осадков и температур была близкой к средней многолетней норме. В отличие от 1965 г. осадки распределялись более равномерно по периодам. В результате

сои как на удобренном, так и на неудобренном фоне хорошо росла и развивалась. На удобренном фоне росла быстрее и формировала более мощную вегетативную массу. В результате перед образованием бобов сильно полегла, на неудобренном же — этого не наблюдалось.

Нами отмечено также более сильное поражение сои на удобренном фоне грибными заболеваниями, особенно склеротинией. Вероятно, в результате полегания физиологические процессы были нарушены, и формирование урожая происходило в худших условиях. В итоге урожай на контроле удобренного фона на 2 с лишним центнера с гектара был ниже по сравнению с неудобренным, хотя по сравнению с 1964 и 1965 гг. была получена самая высокая продуктивность. Вследствие этого эффективность внекорневых подкормок на удобренном фоне не проявилась, чем отчасти можно объяснить снижение веса 1000 семян на 5—10 г по сравнению с неудобренным фоном.

На неудобренном фоне урожай и вес 1000 семян оказались аналогичными предшествующим годам, но прибавка урожая была значительно меньше: она составляла в фазу цветения и 50% выполненности бобов 1,3 ц/га, или 6%. В вариантах с подкормками вес 1000 семян был несколько больше: увеличение составило 1,5—3,1 г.

Опыты в Приморском крае. Данные табл. 15 свидетельствуют о том, что наилучшей фазой для проведения внекорневой подкормки в условиях Приморья оказалась фаза начала образования бобов. Аналогичные данные получены в опытах и с другими сортами сои — Приморская 529. В течение двух лет наибольшая прибавка урожая фиксировалась при подкормке посевов в фазу начала образования бобов (табл. 16).

Таблица 15

Сравнительная эффективность внекорневой подкормки суперфосфатом путем опыливания и опрыскивания по фону $N_{30}P_{45}K_{30}$, 1963 г.

(сорт Приморская 762)

Проведение внекорневых подкормок	Опыливание			Опрыскивание		
	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га	абсолютный вес 1000 зерен, г	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га	абсолютный вес 1000 зерен, г
Контроль	15,2	—	206	15,2	—	206
Начало образования бобов	18,7	3,5	230	19,3	4,1	215
Бобы во всех узлах	17,5	2,3	212	15,7	0,5	209
Зерно выполнено на 50%	17,9	2,7	217	16,2	1,0	212

Таблица 16

Зависимость эффективности внекорневой фосфорной подкормки сои от сроков ее проведения, сорт Приморская 529

Вариант опыта (фон: без удобрений)	1963 г.			1964 г.			1965 г.		
	уро- жай зерна, ц/га	прибавка урожая		уро- жай зерна, ц/га	прибавка урожая		уро- жай зерна, ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	19,2	0,0	100,0	14,5	0,0	100,0	16,9	0,0	100,0
Подкормка в фазу начала образования бобов	22,9	3,7	119,3	17,4	2,9	120,0	20,2	3,3	119,5
Подкормка в фазу наличия бобов во всех узлах	21,8	2,6	113,5	16,9	2,4	116,5	—	—	—
Подкормка в фазу выполнения зерна на 50%	19,9	0,7	103,6	—	—	—	—	—	—
НСР			1,5			1,5			1,4
0,95			1,0			0,8			0,9

5. Влияние подкормок на жизнедеятельность клубеньковых бактерий

Клубеньковые бактерии, поселившиеся на корнях сои, свою жизнедеятельность поддерживают за счет пластических веществ растения. Это является своего рода платой последних за азот, фиксируемый бактериями из воздуха. В этот период они нуждаются не только в пластических веществах, но и в минеральных элементах, в частности в фосфоре.

По данным многих исследователей, клубеньковые бактерии всех бобовых растений довольно хорошо отзываются на внесение в почву фосфорных удобрений (табл. 17).

Данные табл. 17 говорят, что растения, получившие внекорневую подкормку фосфором, на своих корнях имели большее число клубеньков и были значительно крупнее, особенно на удобренном фоне. Их внешний вид говорил, что жизненный тонус у них весьма высок.

В результате применения радиоактивного фосфора при внекорневой подкормке установлена причина увеличения количества и веса клубеньков. При нанесении фосфора на листья он активно поступает в растение и передвигается не только в бобы, но и корни: в первую очередь поступает в клубеньки. Через сутки после подкормки на радиоавтографах наблюдалось четкое выделение клубеньков, указывающее о локализации в них ра-

Таблица 17

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом (опыление) на развитие и рост клубеньков на корнях сои в 1963—1965 гг.

Вариант опыта (фон: без удобрений)	Количество клубеньков на 1 растение			Вес клубеньков с 1 растения, г		
	Год					
	1963	1964	1965	1963	1964	1965
Контроль	70,2	46,0	89,0	0,35	0,70	0,85
Подкормка	101,6	117,0	97,3	0,50	1,20	1,27
Фон: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀ +20 т перегноя						
Контроль	91,0	111,0	76,5	0,82	1,60	0,98
Подкормка	115,7	87,0	83,8	0,97	2,20	1,40

диоактивного фосфора, в то время как в самих корнях наличие фосфора было обнаружено значительно позже.

Активизация клубеньковых бактерий происходит не только потому, что они получают больше фосфорного питания, а и потому, что фосфор, как известно, активизирует процесс фотосинтеза, при этом увеличивается количество продуктов фотосинтеза. Это способствует лучшему снабжению клубеньков пластическими веществами. Они быстрее и больше начинают усваивать азота из атмосферы, и, как следствие этого, растения получают его больше. Проведенные исследования сока листьев на содержание в нем фосфора и азота показывают, что внекорневая подкормка сои суперфосфатом способствует увеличению содержания фосфора и азота в соке (табл. 18). Подкормка сои проводилась суперфосфатом в дозе 100 кг/га 12 августа, а азот и фосфор определялись 15 августа по Магницкому. Аналогичные исследования в те же годы проводились нами и в Амурской области на иных почвах (табл. 19).

Таблица 18

Влияние внекорневой подкормки на наличие азота и фосфора в клеточном соке листьев растения сои (сорт Приморская 529)

Опыт	В килограмме сока содержалось:			
	нитратного азота		фосфора	
	мг	%	мг	%
Фон нулевой				
Контроль	250	100,0	16	100,0
Подкормка	300	120,0	40	250,0
Фон органоминеральный				
Контроль	450	100,0	40	100,0
Подкормка	750	166,0	60	150,0

Таблица 19

Развитие клубеньков на корнях сои, подкормленной суперфосфатом
(фаза цветения), сорт Салют 216

Вариант	Всего клубеньков, шт.	В том числе	
		крупных	мелких
Неудобренный фон			
1964 г.			
Контроль	99	28	71
Подкормка	105	28	77
1965 г.			
Контроль	76,4	57,9	18,5
Подкормка	93,3	83,1	10,2
1966 г.			
Контроль	112,3	70,1	42,2
Подкормка	147,8	91,8	56,0
Удобренный фон			
1964 г.			
Контроль	120,9	—	—
Подкормка	148,7	—	—
1965 г.			
Контроль	84,0	66,8	17,2
Подкормка	96,3	77,1	19,2
1966 г.			
Контроль	100,6	53,5	47,1
Подкормка	130,2	70,8	59,4

В условиях Амурской области, как и в Приморском крае, внекорневая подкормка сои суперфосфатом активизирует жизнедеятельность клубеньковых бактерий, что способствует увеличению продуктивности растений.

6. Влияние внекорневой подкормки на рост, развитие растений и структуру урожая сои

В период образования бобов, как известно, вегетативный рост сои прекращается, не образуются новые узлы на главном стебле и ветвях и не происходит образования новых бобов на растении. За счет чего же увеличивается урожайность?

В табл. 20 приведены данные подсчета числа бобов и зерен у подкормленных и контрольных растений сои сорта Приморская 529. Они показывают, что повышение продуктивности подкормленных растений происходит за счет увеличения трехзерных бобов и уменьшения их абортивности. Так, на нулевом фоне одно растение дало 31 зерно, а при подкормке — 39. На удобрен-

ном фоне эта разница составила 6 зерен (59 и 65). При наличии на гектаре 300 тысяч растений это составило 1,8 ц/га с участка, на котором проводилась внекорневая подкормка. Аналогичные данные получены и при подкормке растений сортов Хабаровская 4 (табл. 21) и Салют 216 (табл. 22).

Таблица 20

Влияние внекорневой подкормки на структуру урожая сорта сои
Приморская 529 (1964 г.)

Вариант опыта	Число бобов на 1 растении	Наличие бобов, %			Число зерен на 1 растении
		с 3 зернами	с 2 зернами	с 1 зерном	

Фон О, без удобрений

Контроль	16	25,1	47,2	27,7	31
Подкормка	19	32,6	42,0	25,4	39

Фон: $N_{30}P_{45}K_{30} + 20$ т перегноя

Контроль	28	30,4	53,2	16,4	59
Подкормка	30	37,4	48,5	14,1	65

Таблица 21

Структура бобов и число семян на растении сорта сои Салют 216

Структура бобов	Неудобренный фон				Удобренный фон			
	1965 г.		1966 г.		1965 г.		1966 г.	
	конт-роль	под-кормка	конт-роль	под-кормка	конт-роль	под-кормка	конт-роль	под-кормка
Всего, штук,	20,1	24,7	22,4	29,5	21,8	26,3	22,0	24,0
из них:								
одногнездных	1,0	1,5	3,0	3,4	1,5	2,6	2,8	2,9
двухгнездных	5,2	6,5	6,5	9,9	6,2	8,0	9,3	9,3
трехгнездных	12,8	15,8	11,9	15,8	13,1	14,7	9,5	11,1
четырегнез-ных	0,1	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,6
пустых бобов	1,0	0,4	0,8	0,2	0,7	0,7	0,3	0,1
Всего семян	46	60	45	65	52	57	46	54

Таблица 22

Наличие бобов и семян на растении сои сорта Хабаровская 4
при внекорневых подкормках фосфором в 1966 г.

Показатель	Контроль	Подкормка в фазу цветения	Подкормка в фазу начала образования бобов	Подкормка при вымол. бобов на 50%
------------	----------	---------------------------	---	-----------------------------------

Количество бобов	15,6	18,0	17,7	26,7
------------------	------	------	------	------

Приведенные данные показывают, что прибавка урожая сои Хабаровская 4 и Салют 216 при внекорневых подкормках произошла тоже за счет большей озерненности бобов. Увеличение числа зерен получено за счет трехгнездных бобов.

Внекорневая подкормка сои положительно сказалась и на соотношении органов и тканей у растений сорта Хабаровская 4 (табл. 23). Например, удельный вес бобов по отношению к весу всего растения у неподкормленных растений составил 57,6%, а у подкормленных — 66,2—68,0%. Вес стеблей у неподкормленных растений занимал 42,4% от веса растения, а у подкормленных — 31,9—33,8%. Это говорит о том, что фосфорные удобрения, внесенные в виде внекорневой подкормки, оказывают положительные действия на метаболизм растения, при этом ускоряется формирование репродуктивных органов.

Таблица 23

Структура урожая сои Хабаровская 4 при внекорневых подкормках суперфосфатом в 1966 г.

Вариант	Вес растения, г	% бобов от веса растения	Из них		% стеблей от веса растения
			% зерна от веса бобов	% створок от веса бобов	
Контроль	13,9	57,6	67,1	32,9	42,4
Подкормка в фазу цветения	13,0	68,0	73,4	26,6	31,9
Подкормка в фазу начала образования бобов	11,7	67,5	66,4	33,6	32,5
Подкормка в фазу 50%-ную выполненности бобов	13,6	66,2	67,5	32,5	33,8

В годы ранних осенних заморозков на подкормленных участках, как правило, зерно успевает вызреть, а на неподкормленных собирается до 20% морозобойного зерна, и соя, обычно, бывает готова к уборке на несколько дней раньше.

7. Влияние внекорневой подкормки на химический состав семян сои

Опыт применения внекорневых подкормок на посевах различных культур показал, что качество урожая заметно изменяется от вида и доз удобрений. Так, при опрыскивании раствором фосфора и калия посевов сахарной свеклы сахаристость корнеплодов увеличивается, при опрыскивании раствором азотистых удобрений кормовых трав заметно возрастает содержание белка в вегетативной массе и т. д.

Применяя внекорневые подкормки на посевах сои в период формирования бобов, мы рассчитывали не только на увеличение

урожая семян, но и на повышение содержания масла и белка в них (табл. 24).

Таблица 24

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на накопление
в семенах масла и протейна, доза 100 кг/га

Вариант опыта	Урожай семян, ц/га	Масло, %	Проте- ин, %	Выход, кг/га	
				масла	проте- ина
1. Без удобрения			1963 г.		
Контроль	19,2	19,20	40,10	375	770
Опыление в фазу начала образо- вания бобов	22,9	19,41	40,40	444	845
Опыление в фазу бобы во всех узлах	19,8	19,20	39,81	381	788
2. Фон $N_{30}P_{45}K_{30}+20$ т/га перегной					
Контроль	20,0	19,10	39,50	382	790
Опыление в фазу начала образо- вания бобов	22,0	19,40	40,38	427	887
Опыление в фазу бобы во всех узлах	21,1	19,32	41,00	407	885
1. Без удобрения			1964 г.		
Контроль	14,5	21,0	42,88	305	622
Опыление в фазу начала образо- вания бобов	17,4	21,20	37,25	367	648
Опыление в фазу бобы во всех узлах	16,9	21,99	46,69	371	789
2. Фон $N_{30}P_{45}K_{30}+20$ т/га перегной					
Контроль	19,6	20,98	39,24	411	759
Опыление в фазу начала образо- вания бобов	21,6	20,83	44,06	450	952
Опыление в фазу образования бобов во всех узлах	21,0	20,71	46,63	435	979
1. Без удобрения			1965 г.		
Контроль	16,9	20,15	43,43	341	734
Опыливание посевов, 100 кг/га	20,2	20,50	42,81	414	865
2. Фон NPK					
Контроль	19,6	20,10	40,94	394	802
Опыливание посевов, 100 кг/га	22,1	20,40	43,38	451	959
3. Фон NPK + 20 т/га					
Контроль	21,5	19,69	40,50	424	871
Опыливание посевов, 100 кг/га	22,9	18,98	44,62	435	1022

Данные табл. 24 показывают, что при проведении внекорневой подкормки все три года мы получали хорошую прибавку

в сборе масла и особенно белка с гектара посева. Под их влиянием изменялся в лучшую сторону и химический состав масла: уменьшалось кислотное число и увеличивалось йодное. Особенно заметно влияние внекорневой подкормки на сбор белка и масла с гектара.

Аналогичные данные по масличности семян и сбору масла с гектара получены при подкормке посевов сои сортов Хабаровская 4 и Салют 216 (табл. 25 и 26). Из табл. 25 видно, что в фазу цветения сбор масла увеличился в 17,3 кг с каждого гектара.

Таблица 25

Влияние внекорневых подкормок фосфором на масличность семян сои
Хабаровская 4

Вариант опыта	1966 г.	
	масличность, %	сбор масла, кг/га
Контроль	19,3	370,6
Подкормка в фазу цветения	19,3	387,9
Подкормка в фазу начала образования бобов	19,6	392,0
Подкормка в 50%-ную выполненность бобов	19,9	406,0

Подкормки во время формирования бобов и налива зерна примерно одинаково действовали на масличность семян, повышая ее. Внекорневая подкормка суперфосфатом оказалась более эффективной на сорте Салют 216 (табл. 26). Данные табл. 26 подтверждают, что стандартный для Амурской области сорт Салют 216 дает большую прибавку масла с гектара.

Данные табл. 27 показывают, что внекорневая подкормка суперфосфатом оказала положительное влияние на всхожесть и энергию прорастания. В дальнейшем было отмечено, что растения лучше росли и развивались. Считаем, что внекорневые подкормки следует широко использовать для улучшения посевного качества семян, что также будет способствовать повышению урожайности.

9. Экономическая эффективность внекорневых подкормок сои

На Дальнем Востоке соя — самая высокодоходная культура. Денежные доходы от ее реализации составляют 50—55% от всех доходов, полученных от растениеводства. Поэтому изыскание путей повышения урожайности сои имеет решающее значение в экономике совхозов и колхозов. Но не каждое мероприятие, направленное на повышение урожайности, экономически себя оправдывает. Любой агротехнический прием выгоден только тог-

Таблица 26
Масличность семян сои Салют 216 при внекорневых подкормках фосфором

Вариант	1964 г.		1965 г.		1966 г.	
	маслич- ность, семян, %	сбор масла с 1 га, кг	маслич- ность, семян, %	сбор масла с 1 га, кг	маслич- ность, семян, %	сбор масла с 1 га, кг
Фон неудобренный						
Контроль	18,4	220,8	18,0	402,4	19,3	440,0
Подкормка во время цветения	19,0	252,7	19,2	326,4	19,9	479,6
Подкормка Р в период образования бобов	19,0	256,5	19,4	372,5	20,0	456,0
Подкормка Р в 50%-ную выполнен. бобов	19,1	273,1	19,4	389,9	19,5	469,95
Удобрённый (N₃₀P₆₀)						
Контроль	19,4	242,5	18,1	309,5	19,5	348,5
Подкормка Р во время цветения	18,9	302,4	19,2	372,5	20,0	412,0
Подкормка Р в период образования бобов	18,8	372,1	18,9	359,1	19,8	413,8
Подкормка Р в 50%-ную выполнен. бобов	19,9	288,6	19,4	362,8	20,1	434,2

Таблица 27
Влияние внекорневых подкормок сои на посевные качества семян, %

Посевные качества	Контроль	В фазу цветения	В фазу образования бобов	В фазу 50%-ной выполнен. бобов
Неудобренный фон				
1964 г.				
Энергия прорастания	85,5	87,5	86,0	90,0
Всхожесть	90,5	93,5	98,5	93,0
1966 г.				
Энергия прорастания	88,0	88,0	90,0	88,0
Всхожесть	94,0	95,0	95,0	94,0
Удобрённый фон				
1964 г.				
Энергия прорастания	81,5	86,0	81,5	91,0
Всхожесть	83,0	85,5	87,5	94,0
1966 г.				
Энергия прорастания	74,0	85,0	73,0	85,0
Всхожесть	89,0	92,0	92,0	92,0

Таблица 28

Экономическая эффективность подкормок сои в условиях Приморского края

Показатель	Ед. изм.	Внекорневая подкормка фосфором							Подкормка фосфором по фону: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	
		опрыскивание		опыливание		Сроки подкормок			корневая	внекорневая
		500	250	100	50	наличие бобов во всех узл.	начало образ. бобов	выполн. зерна на 50%		
		л/га		кг/га						
Внесено удобрений	ц/га	0,50	0,25	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Прибавка урожая	ц/га	3,00	1,70	3,10	2,50	3,7	2,6	0,6	1,6	2,6
Стоимость добавочного урожая по сдаточной цене	руб/га	78,00	44,80	80,06	65,00	96,20	57,60	15,60	41,60	67,60
Затраты на приобретение, доставку и внесение удобрений	руб/га	4,70	2,61	3,00	2,05	3,00	3,00	3,00	4,71	3,00
Затраты на уборку и транспортировку добавочного урожая		2,10	1,19	2,17	1,75	2,59	1,82	0,42	0,99	1,61
Всего затрат, связанных с применением удобрений		6,80	3,80	5,17	3,80	5,59	4,82	3,42	5,71	4,61
Чистый доход от применения удобрений:										
на гектар	руб/га	71,20	41,00	74,89	61,20	90,61	52,78	12,18	45,79	62,99
на центнер удобрения	руб/га	142,40	164,00	74,89	122,40	90,61	52,78	12,18	45,79	62,99
на рубль затрат	руб/га	10,40	10,79	14,48	16,10	16,20	10,92	3,56	8,32	13,23

**Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на урожай и качество семян сои
в условиях Приморского края**

Хозяйства	Подкорм- ленная площадь, га	Учетная площадь, га	Урожай, га /	Прибавка,		% масла	Выход масла		Морозо- бойность зерна, %
				ц/га	%		кг/га	%	
Совхоз им. Дальзавода									
1964 год									
Контроль	—	30	5,2	—	100	18,80	97,7	100	20,4
Подкормка	750	30	7,4	2,2	123	19,31	143,31	141	8,0
Учебное хозяйство ПСХИ*									
Контроль	—	25	8,0	—	100	18,92	153,2	100	24,0
Подкормка	400	25	10,0	2,0	125	19,81	198,0	129	7,0
Совхоз «Степное»									
1965 год									
Контроль	—	30	14,7	—	100	19,93	292,9	100	—
Подкормка	600	100	17,1	2,4	116	19,55	334,3	114	—
Учебное хозяйство ПСХИ*									
Контроль	—	60	9,4	—	100	18,93	178,9	100	—
Подкормка	350	60	11,3	1,9	121	19,47	220,0	123	—
Совхоз «Григорьевский»									
Контроль	—	40	6,0	—	100	19,06	114,3	100	—
Подкормка	266	40	8,2	2,2	136	20,28	166,2	145	—
Совхоз им. Дальзавода									
Контроль	—	100	5,5	—	100	—	—	—	—
Подкормка	1250	140	6,9	1,4	125	—	—	—	—

* Приморский сельскохозяйственный институт.

да, когда дополнительно производственные затраты на его применение окупаются прибавкой урожая.

При определении экономической эффективности внекорневой подкормки сои мы пользовались сравнительными методами анализа (табл. 28 и 29). Расчеты свидетельствуют о высокой экономической эффективности подкормок, существенное влияние которых оказывают дозы удобрений, способы и сроки их применения, в частности самый высокий доход от гектара получен при повышенных дозах удобрений. Однако наивысшая окупаемость единицы удобрений наблюдается при половинной дозе их применения.

О положительной эффективности внекорневых подкормок свидетельствуют и производственные испытания. Затраты на проведение подкормки окупались в 10 и более раз. Аналогичные показатели в эффективности внекорневых подкормок получены и в Амурской области (Пенчукова, 1967).

Таким образом, применение внекорневой подкормки позволит увеличить сбор зерна сои и снизить ее себестоимость.

Выводы

1. Изучение внекорневых подкормок сои, проведенные нами в течение трех лет, показало, что этот способ применения удобрений в условиях Дальнего Востока дает возможность повысить урожай сои и его качество. Он технически прост, экономически выгоден и позволяет воздействовать на продуктивность растений в такие периоды, когда внести удобрения другими способами практически невозможно.

2. Из всех видов применяемых удобрений лучший результат получен при внекорневой фосфорной подкормке. Это объясняется тем, что в почвах Приморского края в Амурской области фосфор в подвижной форме находится в минимуме. Кроме того, основные удобрения, внесенные осенью и весной, входят в труднодоступные для растений соединения и в период формирования бобов (август—сентябрь), когда потребность в фосфоре весьма высокая, а его в доступной форме в почве не оказывается. В этих условиях внекорневая фосфорная подкормка является эффективным приемом дополнительного питания растений.

3. Фосфор из порошковидного суперфосфата, нанесенного даже на один лист, быстро усваивается растением и через сутки обнаруживается во всех его органах. Следовательно, внекорневая подкормка достигает цели и при неравномерном распределении удобрения, когда оно попадает не на все, а только на некоторые листья растения, что часто наблюдается при авиаподкормке.

4. Применение в исследованиях радиоактивного фосфора позволило установить, что нанесенный на листья, он перемещается не только в бобы, но и активно поступает в корни и в большем

количестве обнаруживается в клубеньках растения. Это дает основание рассматривать внекорневую фосфорную подкормку как прием, улучшающий одновременно фосфорное и азотное питание сои через усиление жизнедеятельности клубеньковых бактерий и повышенной их азотофиксирующей способности. При подкормке вес клубеньков возрастает в полтора — два раза.

5. Фосфор, переместившийся в корневую систему, в дальнейшем с пасокой возвращается в надземную часть растения. Существует прямая зависимость между поступлением фосфора в листья и его притоком в бобы; в бобах «подкормленного» листа фосфора накапливается больше.

6. Применение радиоактивного фосфора позволило установить, что простой суперфосфат, нанесенный на листья сои, усиливает поступление фосфора и из почвы. Следовательно, внекорневые подкормки стимулирующе действуют на корневую систему сои. Они увеличивают количество и вес клубеньков на корнях сои на 20—48%. В результате улучшается азотное питание растений.

7. Рост урожайности при фосфорной подкормке достигается за счет усиленного формирования продуктивной части растения — бобов и семян. Интенсивное формирование репродуктивных органов обуславливается лучшей мобилизацией и усилением притока пластических веществ к ним.

8. Под влиянием фосфорной подкормки изменяется содержание масла и белка в семенах сои. На фоне без внесения удобрений повышается процент масла в зерне и увеличивается выход его с гектара на 40—75 кг; на фоне органического и полного минерального удобрений, где растения остро не ощущают недостатка в фосфоре, внекорневая фосфорная подкормка в большей степени оказала влияние на накопление белка в зерне, увеличивая его выход с гектара на 65—200 кг.

9. Внекорневая фосфорная подкормка сокращает период вегетации сои и ускоряет процесс созревания зерна на 5—7 дней, повышая его товарные качества.

10. На эффективность внекорневой подкормки влияют сроки ее проведения. Лучший результат в Приморском крае получен при подкормке в фазу начала образования бобов. Эта фаза характеризуется повышенной активностью растений, наличием максимальной листовой поверхности, что способствует более полному использованию фосфора в обмене растений. В Амурской области, наряду с другими фазами, высокую эффективность удобрений показала внекорневая подкормка и в период цветения.

11. При изучении сравнительной эффективности фосфорной подкормки путем опрыскивания и опыливания получены почти равноценные результаты. Высокая эффективность подкормки путем опыливания на культуре сои объясняется наличием большой

листовой поверхности, гофрированности и опушенности листьев, что способствует закреплению частиц удобрения при нанесении его на поверхность листьев. Кроме того, в условиях Приморского края, при наличии высокой относительной влажности воздуха, частицы удобрения переходят в насыщенное состояние, при котором ионный обмен на поглощающей поверхности листа становится возможен даже при отсутствии росы.

12. Лучшими дозами удобрения при внекорневой фосфорной подкормке является: при опыливания — 50—100 кг/га, при опрыскивания — 500 л раствора на гектар при 1—2%-ной концентрации.

13. Эффективность внекорневой фосфорной подкормки зависит от условий почвенного питания. С повышением общего фона она снижается, однако даже на высоком фоне с внесением органического и полного минерального удобрений подкормка обеспечивает прибавку урожая зерна на 10—11%.

14. Производственное испытание внекорневой подкормки в хозяйствах Приморского края подтвердило эффективность этого приема. Чистый доход на гектар от применения подкормки составил 32—57 рублей, затраты окупались в 8—12 раз.

ЛИТЕРАТУРА

Айдинян Р. Х., 1958. Физиология растений, агрохимия, почвоведение. Всесоюзная конференция по использованию изотопов и ядерных изменений. М., Изд. АН СССР.

Баринов Г. В., 1964. Об особенностях поступления веществ через листья растений. Физиологическое обоснование системы питания растений. М., Изд. АН СССР.

Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на урожай и химический состав зерна сои в условиях Приморского края. Тр. ДВ филиала АН СССР. Серия растен., Владивосток.

Беликов И. Ф., 1957. Поступление радиоактивного фосфора (P^{32}) в растение сои при внекорневом питании. Вестник научно-исследовательского ин-та, 5. Пхеньян.

Беликов И. Ф., Н. А. Пенчукова, В. Т. Куркаев, 1968. Некорневые подкормки сои в Амурской области. Тр. Амурской с.-х. опыт. станции, т. 2. Благовещенск.

Грицун А. Т., 1952. Система удобрения в травостойных севооборотах Приморского края. Тр. ДВФ СО АН, Серия растен., № 1. Владивосток.

Грицун А. Т., 1958. Эффективность применения минеральных удобрений под сою. «Земледелие», № 4.

Куркаев В. Т., 1963. Удобрение сои. В сб.: Соя. М.

Грицун А. Т., 1965. Применение удобрений под сою. В кн.: Соя в Приморском крае, Владивосток.

Куренкова В. Л., 1949. Влияние фосфорного питания на содержание фосфорных соединений в листьях сои. Сб. студен. работ ТСХА, вып. 2, М.

Малыш К. К., Т. П. Рязанцева, 1965. Об итогах селекции зерновой сои на Амурской опытной станции. Тр. Амур. с.-х. опыт. станции, Благовещенск.

Новак А. Г., 1960. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток.

Пенчукова Н. А., 1967. Влияние внекорневых подкормок на урожай

соя и его качество в условиях Амурской области. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. кан. с.-х. н. ДВФ АН, Владивосток.

Ратнер Е. И., Г. В. Баринов, 1959. Особенности поступления питательных веществ через листья при внекорневой подкормке растений. «Физиология растений», 3.

Сидоренко И. К., 1966. Внекорневая подкормка сои в условиях Приморского края. Автореф. канд. дисс. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. н. Владивосток.

Учеваткин Ф. И., А. А. Бородулина, 1953. Результаты исследований по внекорневым фосфорным подкормкам хлопчатника, № 3. Ташкент, Изд. АН Уз. ССР.

ГЛАВА IV

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ СУПЕРФОСФАТОМ НА НАКОПЛЕНИЕ МАСЛА, БЕЛКА И ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СЕМЕНАХ СОИ

Фосфор — один из основных элементов, необходимых для роста и развития растений. Известно, что он связан с несколькими жизненными функциями растений и участвует в ряде процессов, обуславливающих рост (например, в использовании сахара и крахмала, фотосинтезе, образовании ядер и делении клеток, образовании жиров и белков, специализации клеток и в передаче наследственности). Одной из важнейших реакций фосфора в обмене веществ растения является реакция его с органическим веществом внутри клеток растения, в результате которой образуются богатые энергией соединения.

Значение фосфора в жизни растений сои определяется его двусторонней ролью: действием непосредственно на физиологические процессы обмена веществ и на образование клубеньков на корнях.

Вопросом изучения отношения сои к условиям фосфорного питания в разные периоды роста занимались В. М. Ключковский и В. М. Багаев (1949). Проведенные ими опыты показали, что растения сои положительно реагируют на повышенный уровень питания в начале вегетации, от всходов до начала цветения. Однако при всем значении высокого уровня фосфорного питания в первые фазы жизни сои действительная потребность растений не ограничивается этим первым периодом. Условия фосфорного питания — важный фактор регулирования развития растений в тот момент, когда в нем происходит внутренняя подготовка, внешне еще незаметная, к изменению общего направления обмена веществ, связанная с переходом к образованию репродуктивных органов.

В процессе фосфорного питания особая роль принадлежит корням. Их способность поглощать фосфор снижается по мере старения. В нормальных условиях питания корни задерживают избыток поглощенного ими фосфора; в это время снижаются интенсивность поглощения и передача фосфора корнями в надземные органы. Однако в отдельные периоды роста и развития рас-

тений, в зависимости от их биологии и почвенно-климатических условий, поглощение фосфора из почвы происходит недостаточно. В этом случае растения могут удовлетворить значительную часть потребности в нем за счет внекорневого питания.

Многие исследователи (Учеваткин, Бородулина, 1954; Егоров, 1957; Крейцберг, 1961; Туева, 1966; и др.) изучали внекорневое питание фосфором. Установлено, что листья растений интенсивно поглощают его. Механизм поглощения питательных веществ листьями включает две фазы: первая — начальный, неметаболический процесс, который заключается в сорбции, обмене или диффузии или в сочетании всех трех процессов, при этом поглощение питательных веществ листьями протекает очень быстро; вторая фаза — поглощение, протекает активно и приводит к необратимому накоплению питательных веществ в тканях листа. В настоящее время получено много доказательств важной роли механизмов абсорбции, особенно в поглощении анионов через листовую поверхность (Уиттвер, Буковак, Таки, 1965).

Внекорневое питание часто бывает эффективным в условиях недостаточной обеспеченности растений тем или иным питательным элементом. Д. В. Штраусберг (1958), З. И. Журбицкий, Д. В. Штраусберг (1958) подчеркивали значение внекорневого питания в арктических районах, где вечная мерзлота задерживает рост корней и поглощение ими питательных веществ.

В условиях Приморского края специфическая зональная особенность дерново-подзолистых почв состоит в том, что при относительно высоком содержании в них валовой фосфорной кислоты (0,08—0,20%) запасы ее в подвижной легкодоступной для растений форме ничтожно малы (Грицун, 1964). Сезонная динамика фосфорной кислоты в Приморье имеет такую закономерность: ранней весной количество подвижного фосфора в почве увеличивается, меньше всего его бывает в июле и в первой половине августа. Со второй половины последнего накопления подвижного фосфора в пахотном слое почвы резко увеличивается. Интенсивное увеличение его в летне-осенний период происходит вследствие восстановительных процессов в избыточно-увлажненной почве. Однако в условиях избыточного увлажнения в тяжелых по механическому составу почвах создаются анаэробные условия. И одновременно с повышением растворимости фосфатов идет образование и труднорастворимых соединений типа фосфатов полуторных окислов железа и алюминия.

В практике обычно удобрения вносятся в почву осенью под запашку или культивацию, а также весной в период предпосевной обработки почвы и при посеве семян. Такие приемы внесения удобрений не всегда могут обеспечить растения элементами питания в течение периода вегетации.

Бобы у сои обычно формируются в августе—сентябре, т. е. через три месяца после внесения в почву основных удобрений.

За этот период одна часть их вымывается, т. к. наибольшее количество осадков (до 70% годовых) приходится на летние месяцы, другая переходит в трудноусвояемую для растений форму, а третья — расходуется на построение вегетативной массы. Тяжелые по механическому составу почвы Приморского края в период выпадения осадков заплывают и образуется прочная почвенная корка, в силу чего корневое питание растений затрудняется. Следовательно, к моменту образования бобов элементов питания в почве не оказывается в нужном количестве, а потребность в них, в том числе и фосфоре, у сои огромна. Применение подкормки в этом случае будет не только дополнительным питанием. Исходя из того, что с образованием бобов у сои пластические вещества используются только на формирование урожая (Беликов, 1952), можно подкормками воздействовать на обменные реакции, связанные с изменением химического состава семян.

Первые испытания внекорневых подкормок сои в Приморском крае, проведенные в 1954 и 1955 гг. в некоторых колхозах и совхозах Хорольского района, дали прибавку урожая семян до 2,5 ц/га. Внекорневая подкормка фосфором оказывала стимулирующее действие на ферментативный аппарат (Маштаков, 1952), увеличивала содержание азота в надземных органах (Шереверя, 1956), значительно повышала сахаристость корней свеклы (Эдельштейн, 1955).

При проведении настоящей работы изучалось влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления масла и его качество в семенах сои. В литературе сведений по данному вопросу мы не нашли.

Методика исследований. Изучение внекорневой подкормки проводилось в 1963—1965 гг. на опытном поле Приморского сельскохозяйственного института. Повторность — четырех- и шестикратная. Посев проводился в лучшие агротехнические сроки — 26—30 мая. Экспериментировались сорта сои: позднеспелый 529 и раннеспелый Приморская 494. При подкормке в опытах применялся суперфосфат, который наносился на листья путем опыливания в дозе 100 кг/га или опрыскивания — 2%-ным раствором фосфорной вытяжки в дозе 500 л/га. Растения обрабатывались во второй половине дня, в начале фазы образования бобов. Влияние внекорневой подкормки фосфором изучалось на трех фонах: без внесения основного удобрения, с применением минерального удобрения ($N_{30}P_{45}K_{30}$) и полного минерального и органического удобрения. В качестве органического удобрения вносили перегной в дозе 20 т/га. Анализировали семена бобов среднего яруса после фиксации их водяным паром и доведения до воздушно-сухого состояния.

Количество жира определяли по методу Рушковского; содержание форм фосфора — по схеме, предложенной А. В. Соколо-

вым (1950); жирнокислотный состав масла — спектрофотометрическим методом; содержание свободных жирных кислот в масле — путем титрования спиртово-эфирного раствора жира 0,1 н спиртовой щелочью; степень ненасыщенности масла — методом Гануса.

1. Накопление масла. Известно, что регулирование фосфорного питания может быть фактором повышения содержания жира и белка в семенах сои Мосолов, 1936; Багаев, 1958).

Опыты показали, что в течение всего вегетационного периода в семенах сои Приморская 529 в вариантах с внекорневой подкормкой абсолютное содержание жира больше, чем в контрольных вариантах (рис. 1). Это объясняется различной степенью

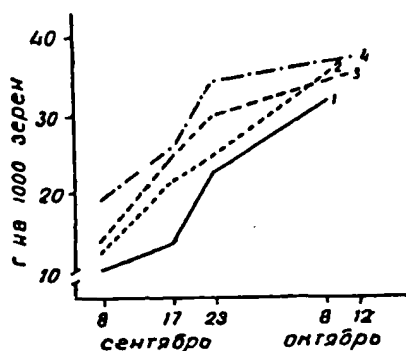


Рис. 1. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание жира в зерне сои Приморская 529 в процессе созревания (урожай 1964 г.). Фон — без удобрений: 1 — контроль, 2 — подкормка. Фон — NPK: 3 — контроль, 4 — подкормка.

синтеза жира в семенах. В контроле синтез идет наиболее активно на фоне, богатом элементами минерального питания. Еще более благоприятные условия для относительно сильного синтеза жира в семенах создаются при условии фосфорного питания растения путем опрыскивания листьев 2%-ным раствором суперфосфата (как на неудобренном фоне, так и на фоне NPK). Растения сои уже на ранних стадиях созревания зерна начинают реагировать на внекорневую подкормку суперфосфатом изменением относительного содержания жира. Тенденция к увеличению количества жира в семенах под влиянием внекорневой подкормки сохранялась на протяжении всего периода созревания.

В условиях 1965 г. опрыскивание суперфосфатом оказало большее влияние, и различия в накоплении масла у контрольных и опытных растений обнаруживались через 13 дней после обработки (табл. 1). Процентное содержание масла у контрольных растений в начале фазы формирования зерна (27 августа) по фону без удобрений было на 1,6% ниже, чем у подкормленных растений; по минеральному фону эта разница выражена слабее. В дальнейшем, в фазу выполненности зерна в бобах на 50% (16 сентября), разница в накоплении жира между опытными и

контрольными растениями составила по минеральному фону 0,3%, а по фону без удобрений — 0,7%. Начиная с фазы пожелтения бобов (29 сентября), в семенах сои происходит ослабление процесса жиронакопления, в результате чего указанные различия в содержании жира у опытных и контрольных растений достигают незначительных величин. И все же, несмотря на это, к моменту уборки масличность семян в опыте оказалась на 0,7% выше, чем в контроле.

Таблица 1

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание жира в семенах сои Приморская 529 в процессе созревания в 1965 году, %

Срок отбора проб	Вариант	Приморская 529			
		Без удобрения		Фон: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	
		M±m	D±m _d	M±m	D±m _d
27 августа	Контроль	12,57±0,06	1,60±0,07	14,57±0,09	0,36±0,11
	Подкормка	14,17±0,04		14,93±0,06	
6 сентября	Контроль	17,69±0,13	0,78±0,21	17,77±0,09	0,57±0,10
	Подкормка	18,47±0,16		18,34±0,04	
16 сентября	Контроль	19,35±0,09	0,68±0,11	19,61±0,08	0,30±0,10
	Подкормка	20,03±0,07		19,91±0,06	
12 октября	Контроль	19,76±0,05	0,67±0,11	19,85±0,03	0,71±0,04
	Подкормка	20,43±0,10		20,56±0,02	

Примечание: внекорневая подкормка была проведена 14 августа.

У раннеспелого сорта сои Приморская 494 накопление масла шло быстрее. Уже ко времени взятия первой пробы 8 сентября в 1,5 раза больше накапливалось жира, чем у сорта Приморская 529. Улучшение фосфорного питания путем опрыскивания нину синтеза жира в семенах. Количество жира в незрелых семенах в опыте составляло 22,66 г, а в контроле — 20,65 г. По мере созревания, содержание жира возрастало, причем в опытном варианте его накапливалось больше, чем в контрольном (рис. 2). Увеличение количества масла в семенах происходит за счет интенсификации процесса маслонакопления под действием внекорневой подкормки суперфосфатом. Степень отзывчивости на подкормку в условиях 1965 г. выражена сильнее, чем в предыдущем году. Масличность зрелых семян сои в опыте была на 1,2% выше, чем в контроле.

Влияние опрыскивания суперфосфатом на накопление масла в семенах раннеспелого сорта оказалось благоприятнее, чем у позднеспелого.

Изменения в относительном содержании жира в семенах опытных вариантов отразились на общем выходе масла. Известно, что количество жира в семенах находится также в прямой зависимости от урожая. В исследованиях, проведенных нами

(Беликов, Бурцева, 1966), указывалось, что внекорневая подкормка суперфосфатом повышает урожай сои на 2 ц/га. Данные табл. 2 свидетельствуют, что в вариантах с подкормкой получен наивысший сбор масла с гектара. Наибольшая прибавка (до 80 кг) — у раннеспелого сорта. У позднеспелого прибавка масла на удобренном фоне оказалась выше, чем на минеральном.

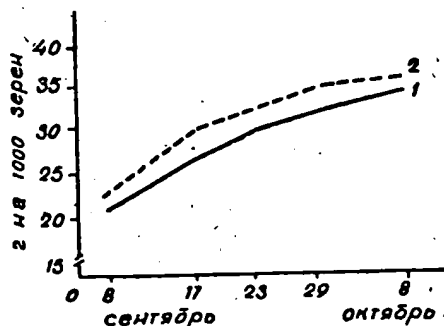


Рис. 2. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание жира в зерне сои Приморская 494 в процессе созревания (урожай 1964 г.). Фон — НРК. 1 — контроль; 2 — опрыскивание.

Исходя из современных представлений о биосинтезе жиров в растениях, предполагаем, что положительное действие внекорневой подкормки на динамику накопления жира в семенах сои есть результат участия фосфора, поглощенного внекорневым пу-

Таблица 2

Содержание жира в зрелых семенах сои (в % к абсолютно сухому веществу, в граммах — на 1000 семян)

Вариант опыта	1964 г.			1965 г.		
	масла		выход масла, кг/га	масла		выход масла, кг/га
	%	г		%	г	
Приморская 529						
Без удобрения						
Контроль	20,10	33,92	291,45	19,76	40,53	335,9
Подкормка						
2%-ным раств. суперфосфата	20,69	36,58	362,08	20,43	43,56	408,6
Фон: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀						
Контроль	20,65	34,90	335,97	19,85	41,36	389,0
Подкормка						
2%-ным раств. суперфосфата	20,95	36,37	387,57	20,56	43,67	450,2
Приморская 494						
Фон: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀						
Контроль	21,27	35,05	287,1	19,91	36,12	278,7
Подкормка						
2%-ным раств. суперфосфата	21,54	36,55	355,4	21,11	39,39	358,8

тем, в процессах внутриклеточного обмена; по-видимому, фосфор усилил перемещение сахарофосфатов в бобы и тем самым интенсифицировал процесс маслонакопления.

2. Изменчивость некоторых показателей качества соевого масла. Качество растительного сырья — важнейший критерий при оценке любых агротехнических мероприятий. Кислотное число масла позволяет судить о содержании в нем свободных жирных кислот, а также степени зрелости масла.

Исследования динамики свободных жирных кислот в масле созревающих семян сои Приморская 529 в контроле и опыте показали, что в начале созревания кислотные числа масел, экстрагируемых из опытных семян, значительно выше, чем у контрольных. Различия отмечаются как по фону без удобрений, так и по фону NPK. Этот факт свидетельствует о том, что в незрелых семенах сои синтез жирных кислот идет наиболее активно у растений сои, получивших внекорневую подкормку суперфосфатом. Впоследствии, с середины периода созревания кислотные числа семян становятся заметно ниже, причем падение их в опыте идет быстрее, чем в контроле, особенно на неудобренном фоне (рис. 3). Резкое снижение кислотного числа свидетельствует об

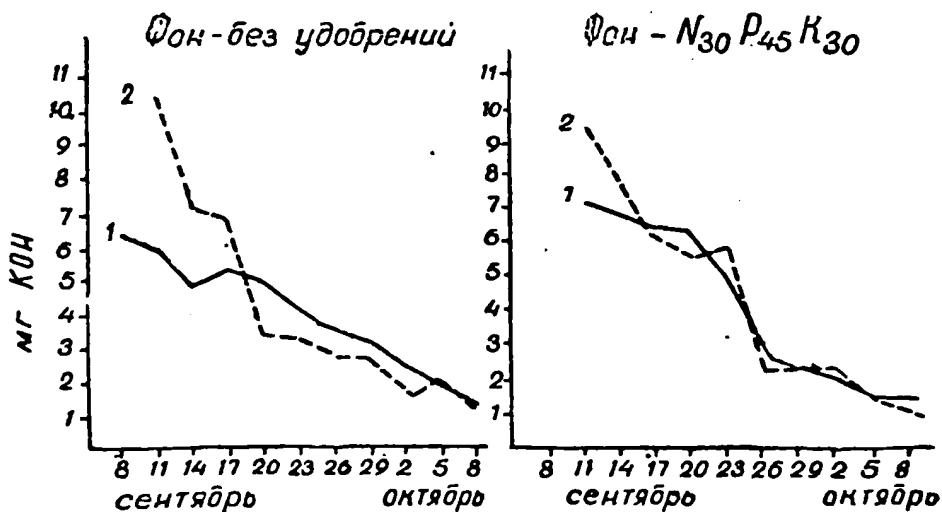


Рис. 3. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на изменение содержания свободных жирных кислот в созревающих семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.): 1 — контроль; 2 — подкормка.

интенсивно протекающем процессе синтеза масла. Очевидно, фосфор, нанесенный на листья внекорневым путем, способствует

более быстрому связыванию свободных жирных кислот с глицерином, а следовательно — синтезу триглицеридов.

Данные по биохимическому анализу вполне согласуются с фенологическими наблюдениями, согласно которым созревание на делянках с подкормками отмечалось на 4—6 дней раньше, чем на контрольных (Беликов, Бурцева, 1966). Следовательно, степень зрелости семян определила зрелость масла.

Установленный факт положительного влияния внекорневой подкормки суперфосфатом на степень зрелости масла подтвердился в условиях 1965 г. Опыты показали, что подкормка не только не увеличивает кислотное число, но даже, наоборот, способствует получению масла с более низким показателем. Следовательно, применение внекорневой подкормки на посевах сои в условиях Приморья позволит иметь хорошее сырье для пищевой промышленности края.

Не менее важной характеристикой жира, указывающей на его пригодность для тех или иных целей (пищевые масла, технические и т. п.), является йодное число — очень чувствительный показатель качества масла. Поэтому, естественно, что всякие изменения, возникшие под влиянием внекорневой подкормки суперфосфатом, должны в первую очередь сказаться на йодном числе.

Ход кривых (рис. 4) показывает, что у позднеспелого сорта Приморская 529 в вариантах с подкормкой наблюдается усиление синтеза ненасыщенных жирных кислот на обоих фонах по

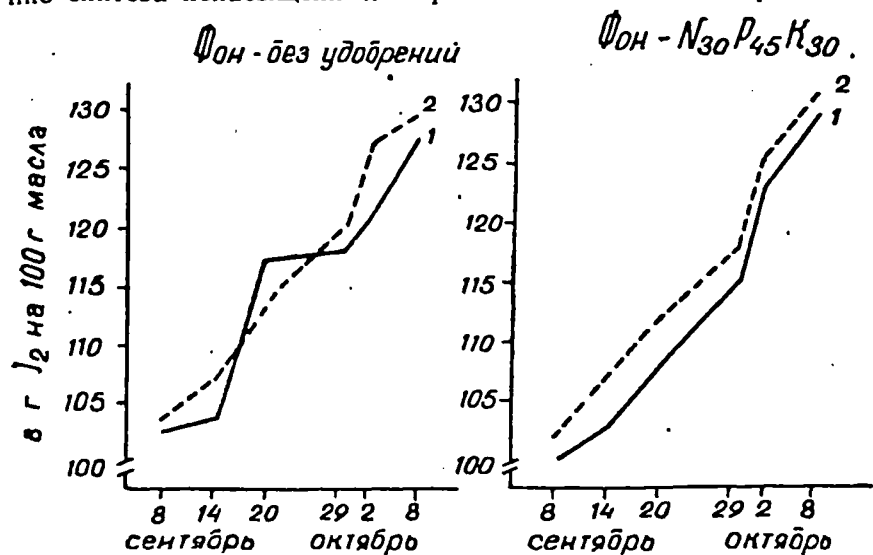


рис. 4. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на степень ненасыщенности масла у сои Приморская 529: 1 — контроль; 2 — подкормка.

сравнению с контролем. Возрастание ненасыщенности выражается в повышении йодного числа. В зрелых семенах оно на 1,2—1,6% выше, чем в контрольных. Эффективность подкормки от основного фона выражена очень слабо.

У раннеспелого сорта сои Приморская 494 фосфор подкормки также создает благоприятные условия для накопления непредельных жирных кислот в масле (табл. 3). По средним данным двух лет степень непредельности жирных кислот в опыте на 3,3% выше, чем в контроле. Это свидетельствует о том, что отзывчивость на подкормку у раннеспелого сорта сильнее, чем у позднеспелого.

Таблица 3

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на степень ненасыщенности масла у сои Приморская 494 в процессе созревания (в г J₂ на 100 г жира)

Вариант опыта	1964 г.				1965 г.			
	Дата взятия проб для химических анализов							
	8/IX	17/IX	23/IX	2/X	5/X	27/VIII	16/IX	1/X
Контроль по фону N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	107,60	110,04	116,26	120,30	124,63	109,87	128,80	130,15
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата по фону N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	109,61	118,67	127,92	129,33	130,10	113,40	129,22	133,31

Из литературы известно (Dollear, Kranczunas, Markley, 1940), что существует определенная зависимость между йодным числом и составом жирных кислот соевого масла. Авторы делают вывод, что с повышением йодных чисел количество линолевой кислоты увеличивается, а олеиновой уменьшается; количество насыщенных кислот сравнительно постоянно для ряда йодных чисел. Следовательно, повышение йодного числа масла под влиянием опрыскивания суперфосфатом могло произойти вследствие изменения в содержании отдельных ненасыщенных жирных кислот. Поэтому следующим этапом нашей работы явилось изучение действия подкормки на динамику накопления отдельных ненасыщенных жирных кислот в масле.

3. Накопление глицеридов ненасыщенных жирных кислот в семенах сои. Изучалось влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления двух, наиболее важных, физиологически необходимых жирных кислот — линолевой и линоленовой, получивших название незаменимых. Эти кислоты необходимы для нормального роста,

развития и образования клеток кожи, предохраняют организм от действия радиоактивного излучения, регулируют холестерин в плазме (Alfin-Slater, 1957). Организм человека не обладает способностью синтезировать высоконепредельные жирные кислоты, а следовательно, они должны поступать в готовом виде с пищей. Поэтому растительным маслам, богатым линолевой кислотой, придается исключительно большое значение в питании.

Соевое масло дальневосточных сортов характеризуется высоким содержанием линолевой и линоленовой кислот. Образуются они на первых стадиях созревания семян. Однако количественные их соотношения неодинаковые. Содержание линолевой кислоты в незрелых семенах сои Приморская 529 составляет 42—43%, а линоленовой — 10—12% (рис. 5 и 6). В процессе масло-

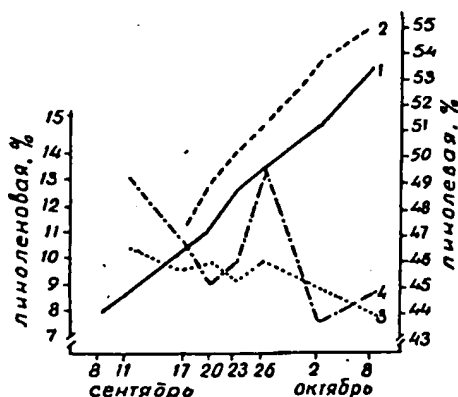


Рис. 5. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления линолевой (2) и линоленовой (4) кислот в семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.). Фон — без удобрений: 1—3 — контроль соответственно для линолевой и линоленовой кислот.

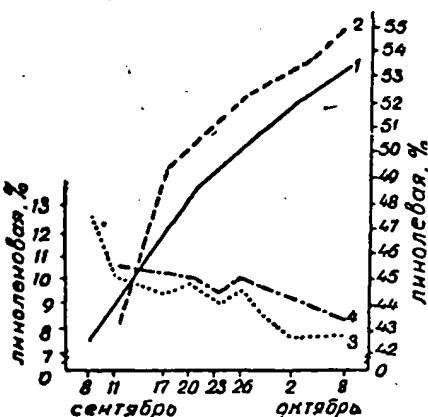


Рис. 6. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления линолевой (2) и линоленовой (4) кислот в семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.). Фон — NPK: 1—3 — контроль; 2—4 — подкормка.

образования у сои относительное содержание линолевой кислоты непрерывно увеличивается. Наиболее интенсивный рост ее идет в начальный период налива зерна. В конце созревания синтез линолевой кислоты ослабевает: в масле зрелых семян ее содержится до 53%.

Относительное содержание линоленовой кислоты в масле, наоборот, постепенно снижается. В созревающих семенах ее 10—12%, а в семенах полной спелости — только 7,7%.

В раннеспелом сорте Приморская 494 за период вегетации почти столько же накапливается линолевой кислоты и несколько выше линоленовой, чем у позднеспелого сорта.

Количество отдельных жирных кислот значительно колеблется в зависимости от года исследования. В условиях 1965 г. относительное содержание линолевой кислоты в масле было значительно меньше. Кроме того, масличность семян в этом году тоже оказалась ниже. (Метеорологическая характеристика 1965 г. свидетельствует о том, что погодные условия сложились менее благоприятно для накопления масла в семенах, чем условия 1964 г.).

Опыты показали, что синтез ненасыщенных жирных кислот происходит с различной интенсивностью в зависимости от условий питания. У незрелых семян сои Приморская 529 разница в относительном содержании линолевой кислоты между опытом и контролем составила 3,55% на неудобренном фоне и 9,58% на фоне НРК (данные 1965 г.). По мере созревания, эти различия становятся меньше. И все же в конце созревания в вариантах с подкормкой линолевой кислоты накапливается больше, чем в контроле (рис. 5 и 6). Эффективность внекорневой подкормки у раннеспелого сорта была такая же, как и у позднеспелого. По средним данным двух лет подкормка увеличила содержание линолевой кислоты в масле раннеспелого сорта на 1,83%.

Изменение интенсивности синтеза линолевой кислоты под влиянием внекорневой подкормки приводит к тому, что относительное и абсолютное содержание ее в опыте выше, чем в контроле: у сорта Приморская 529 — на 1,4% на неудобренном фоне и на 0,93% — на фоне НРК выше контроля (средние данные за два года). У раннеспелого сорта влияние подкормки сказалось слабее.

Таким образом, опрыскивание листьев сои суперфосфатом повышает интенсивность синтеза высоконепредельных жирных кислот в семенах, что приводит к соответствующему изменению в их содержании. Причем содержание линолевой и линоленовой кислот изменяется сходным образом.

Из литературы известно (Кретович, 1961; и др.), что чем выше йодное число жира, тем более он пригоден для технических целей и менее — в пищу. Однако наибольшей пищевой ценностью будет обладать масло, имеющее высокое содержание линолевой кислоты при сравнительно небольшом йодном числе. Последнее может снижаться за счет олеиновой, содержание которой в соевом масле, по данным Н. В. Воробьева (1966), составляет 22,9%. Так как в каждом случае состав олеиновой кислоты вычислялся по йодному числу масла, содержание ее представлено в относительных величинах.

Данные табл. 4 свидетельствуют о снижении содержания олеиновой кислоты у обоих сортов сои под влиянием внекорневой подкормки суперфосфатом. Следовательно, опрыскивание листьев сои 2%-ным раствором суперфосфата приводит к получению масла сои с более высоким йодным числом, при этом изменяется соотношение глицеридов ненасыщенных жирных кис-

лот: увеличивается содержание линолевой и линоленовой и уменьшается — олеиновой.

Таблица 4

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание олеиновой кислоты в зерне сои

Вариант опыта и сорт	Фон	Содержание олеиновой кислоты в относительных величинах в зрелом зерне сои, %
Приморская 529		
Контроль		100
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	без удобрения	62
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	$N_{30}P_{45}K_{30}$	68
Приморская 494		
Контроль		100
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	$N_{30}P_{45}K_{30}$	83

4. Содержание азотистых веществ. Значительная часть фосфора, усвоенного листьями сои при внекорневой подкормке, поступает в корни, где используется клубеньковыми бактериями, повышая их жизнедеятельность. Сравнительный учет развития клубеньков на корнях сои (Сидоренко, 1966) показал, что в вариантах с подкормкой число клубеньков значительно больше, клубеньки крупнее и лучше выполнены, чем на контроле. Следовательно, применяя внекорневую подкормку суперфосфатом, мы улучшаем азотное питание сои, что отражается на содержании ее азотистых веществ.

При подкормке увеличилось содержание общего азота в семенах (табл. 5). Эффективность подкормки зависела от основного фона. Наибольшее действие опрыскивания суперфосфатом проявилось на органо-минеральном фоне. Содержание общего азота в опытном варианте было на 13% выше, чем в контрольном. Увеличение общего азота шло за счет его белковой части, так как содержание небелкового азота уменьшалось (табл. 6).

Внекорневая подкормка суперфосфатом активизировала синтез белковых веществ (рис. 7). Динамика накопления белка в семенах сои показывает, что опыливание суперфосфатом приводит к более высокому содержанию его уже на ранних фазах созревания. Семена опытных растений в фазу полного созревания (7 октября) содержали 39% белка, а контрольных — 34,62%. Опрыскивание растений суперфосфатом также оказывает положительное влияние на содержание сырого белка в семенах. Коли-

Таблица 5

Влияние внескорневой подкормки суперфосфатом на содержание азота в семенах сои Приморская 529 в урожае 1965 г. (% на сухую навеску)

Вариант опыта	Фон	Общий азот	Сырой белок (N×6,25)
Контроль	Без удобрения	6,95	43,44
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	!	6,97	43,56
Контроль	N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	6,54	40,87
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата		6,79	42,44
Контроль	N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀ +перегной	6,25	39,06
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата		7,07	44,19

Таблица 6

Влияние внескорневых подкормок суперфосфатом на содержание различных форм азота в зрелых семенах сои Приморская 529

Вариант опыта	Общий азот (% на сухую навеску)	В процентах от общего азота	
		небелковый	белковый
Без удобрения			
Контроль	6,09	21,35	78,65
Опыливание суперфосфатом, 100 кг/га	6,28	19,37	80,73
Фон: N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀			
Контроль	6,40	11,53	88,47
Опыливание суперфосфатом, 100 кг/га	6,80	2,94	97,06

чество его возросло с 40,87% (контроль) до 42,44% на фоне НРК. Влияние подкормки на органо-минеральном фоне сказалось благоприятнее.

Таким образом, внескорневая подкормка суперфосфатом изменяет азотный обмен в семенах сои, что может служить доказательством важной роли фосфора в сложном процессе синтеза белков.

5. Накопление фосфорсодержащих веществ. Опытами исследователей (Егоров, 1957; Щеглова, Рачков, 1956; и др.) установлено, что фосфор, нанесенный на листья, очень быстро усваивается растениями и его можно обнаружить в составе всех фосфорсодержащих органических соединений.

Опыливание или опрыскивание листьев сои суперфосфатом в наших опытах показало, что общее количество фосфора в семенах сои зависит от обеспеченности растений этим элементом.

При этом изменяется и содержание отдельных фракций фосфорных соединений, начиная с первых этапов созревания сои и кончая периодом, когда семена были готовы к уборке.

По сравнению с контрольным вариантом содержание общего фосфора в семенах позднеспелого сорта Приморская 529 на протяжении периода созревания в опыте было выше. К периоду пол-

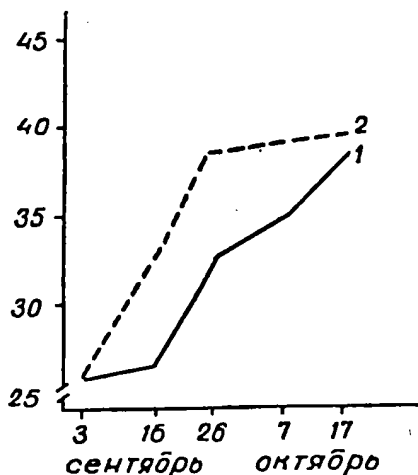


Рис. 7. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание белка в семенах сои Приморская 529 (в %). Фон — без удобрений: 1 — контроль; 2 — опыливание суперфосфатом.

ного созревания разница между опытом и контролем составила 41,0 мг %. Количество неорганического фосфора при подкормке возросло в 2 раза.

Улучшение фосфорного питания растений путем проведения подкормки существенно изменило содержание органических соединений фосфора в семенах. Опыливание суперфосфатом привело к повышению количества в семенах сои фракции фосфолипидов. Особенно подкормка сказалась на накоплении свободных фосфолипидов. В фазу выполненности зерна на 50% (16 сентября) количество свободных фосфолипидов в контроле составляло до 10,8% от содержания общего фосфора, а уже в фазу побурения бобов обнаруживаются следы их, в то время как в опытном варианте свободных фосфолипидов было почти столько же, сколько в начале в контрольном. Содержание связанных фосфолипидов изменилось незначительно. Большое влияние оказала подкормка на содержание всех остальных органических форм фосфора в семенах. Темпы накопления их в контроле были значительно ниже, чем при подкормке.

Опыты 1965 г. показали положительное действие опрыскивания суперфосфатом на содержание фракции белкового фосфора и кислотно-растворимых фосфорных соединений (табл. 7). Последние включают минеральный фосфор и фракцию органических кислотно-растворимых соединений, среди которых ведущее мес-

то в зрелых семенах принадлежит фитину. Действие опрыскивания на неудобренном фоне сказалось благоприятнее, чем на фоне НРК.

Таблица 7

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание различных форм фосфора в спелом зерне сои Приморская 529

Вариант	Фон	Фосфор, мг%			
		общий	липидный	нуклео-протейд-ный	кислотно-растворим.
Контроль	без удобрен.	360,00	78,02	20,75	261,23
Опрыскивание 2%-ным р-вом суперфосфата		400,00	87,69	27,26	285,05
Контроль	$N_{30}P_{45}K_{30}$	406,66	54,80	27,91	323,95
Опрыскивание 2%-ным р-вом суперфосфата		423,75	60,75	30,06	332,94

У раннеспелого сорта Приморская 494 внекорневая подкормка суперфосфатом также приводит к повышению количества всех органических соединений и общего фосфора в семенах (табл. 8). Степень отзывчивости на подкормку у него несколько ниже, чем у позднеспелого.

Таблица 8

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание различных форм фосфора в спелом зерне сои Приморская 494 (фон $N_{30}P_{45}K_{30}$), мг%

Фосфор	Контроль	Опрыскивание 2%-ным р-вом суперфосфата
Общий	500,25	512,75
Липидный	54,69	63,66
Нуклеопротейдный	25,06	26,19
Кислотнорастворимый	420,50	422,90

Между химическим составом семян сои и содержанием форм фосфорных соединений имеется определенная связь. Варианты с максимальным содержанием жира в семенах характеризуется большим содержанием липидного и кислотнорастворимого фосфора. Повышение фракции неуклеопротейдного фосфора приводит к повышению содержания белковых веществ в зерне. Таким образом, внекорневая подкормка суперфосфатом оказывает глубокое влияние на процессы обмена фосфорных соединений в растении, а следовательно, и на обмен веществ в целом, улучшая качество хозяйственноценной части растения.

6. Формирование урожая сои под влиянием внекорневой подкормки суперфосфатом. Многие агротехнические мероприятия в значительной мере расценивают-

ся с точки зрения влияния их на развитие и продуктивность растения. В результате наблюдений фосфорные удобрения уже давно получили оценку со стороны агрономов, агрохимиков и физиологов растений как средство для ускорения развития возделываемых культур (Соколов, 1950; Щеглова, 1951).

Фенологические наблюдения в наших опытах показали, что рост и развитие растений на контрольных и опытных делянках протекали одинаково до начала образования бобов у сои. Существенные различия обнаруживались у растений, начиная с фазы созревания семян. Первый этап созревания на делянках с подкормками наступал на 2—6 дней раньше, чем в контроле, второй — на 3—5 дней, и полное созревание на подкормленных делянках отмечено на 4—6 дней раньше. Следовательно, нанесение суперфосфата на листья ускорило переход растений сои к генеративной фазе и сократило период вегетации.

Положительное влияние внекорневой подкормки на формирование семян подтверждается данными по оводненности (табл. 9). В семенах сои на начальных стадиях созревания 65% воды. В это время семена контрольного и опытного вариантов по влажности отличались незначительно. По мере созревания семян, интенсивность непрерывного процесса обезвоживания в опыте повышалась по сравнению с контролем. К моменту достижения семенами уборочной спелости влажность в контроле была выше, чем в опыте; следовательно, созревание семян под влиянием внекорневой подкормки суперфосфатом происходит быстрее. Хорошей проверкой этому был 1964 год, когда вследствие ранних заморозков (26 сентября) значительная часть семян сои Приморская 529 (до 10%) оказалась морозобойной. Опыливание суперфосфатом в дозе 50 кг/га снизило процент морозобойного зерна до 2,0, а опрыскивание 2%-ным раствором суперфосфата — до 1,5% (Сидоренко, 1966).

Наблюдения за нарастанием сухого вещества у сои показали, что уже через 10—15 дней после подкормки опытные растения

Таблица 9

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на оводненность семян в процессе созревания сои, %

Время взятия пробы	Фон $N_{30}P_{45}K_{30}$	
	контроль	подкормка
6 сентября	65,9	65,3
11	64,3	64,1
16	61,7	59,9
21	55,8	54,5
27	48,2	38,3
1 октября	41,5	21,2
12	15,7	14,9

отличались от контрольных повышенным содержанием сухой массы. Увеличение сухого вещества растения происходило за счет интенсивного формирования бобов и зерна под влиянием внекорневой подкормки. У позднеспелого сорта Приморская 529 при подкормке по фону без удобрений вес 1000 зерен увеличился на 5,3—14,5 г (в зависимости от года исследований), по минеральному — на 4,6—7,5 г. У раннеспелого сорта Приморская 494 абсолютный вес 1000 зерен в опыте по фону NPK был в среднем на 5 г выше, чем в контроле.

Данные учета, проведенного П. К. Сидоренко (1966 г.), свидетельствуют об улучшении структуры самих бобов: на подкормленных растениях возрастает процент бобов с 3 зернами и одновременно уменьшается их число с 2 до 1 зерном. При подкормке сокращается процент опадения бобов. Кроме того, имеет место переход в сторону увеличения веса зерна в бобах по отношению к створкам. Следовательно, внекорневая подкормка суперфосфатом оказывает благоприятное влияние на формирование и развитие репродуктивных органов растения сои.

Увеличение абсолютного веса 1000 зерен, а также улучшение структуры бобов привело к повышению сбора зерна сои с единицы площади (табл. 10). Наибольшая прибавка в урожае (до 3 ц/га) получена на фоне NPK у раннеспелого сорта Приморская 494. У позднеспелого — прибавка составила 2,3—2,5 ц/га. Урожай зерна в 1965 г. по всем вариантам опыта получен значительно выше; этого и следовало ожидать, т. к. ранние заморозки в 1964 г. отрицательно повлияли на формирование зерна, снизили общую урожайность.

Таблица 10

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на урожай сои
(фон $N_{30}P_{45}K_{30}$)

Вариант опыта	1964 год			1965 год		
	урожай зерна, ц/га	прибавка ур.		урожай зерна, ц/га	прибавка ур.	
		ц/га	%		ц/га	%
Приморская 529						
Контроль	16,1	0,0	100,0	19,6	0,0	100,0
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	18,6	2,5	115,5	21,9	2,3	119,7
Приморская 494						
Контроль	13,5	0,0	100,0	14,0	0,0	100,0
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата	16,5	3,0	122,2	17,0	3,0	121,4

Опыливание суперфосфатом оказало также положительное влияние на урожай сои. Причем эффективность подкормки почти такая же.

Повышение урожая семян под влиянием внекорневой подкормки объясняется прежде всего тем, что из суперфосфата, нанесенного на листья сои в виде порошка или раствора, фосфор поглощается клетками листа. И. Ф. Беликовым (1963) методом меченых атомов было показано, что из листовой пластинки фосфор перемещается в бобы, клубеньки и корни, из последних вскоре возвращается в надземные органы. Следствием поглощения фосфора листьями при внекорневом питании является заметное смещение в ту или иную сторону физиологических процессов, совершающихся в живых тканях и органах. Опыты показывают (Устенко, 1941; Яковлева, 1955; Мацков, Бузовер, 1947), что внекорневые подкормки повышают фотосинтез, интенсивность дыхания и изменяют направленность действия ферментов. Это в некоторой мере и определяет урожай сельскохозяйственных растений.

Выводы

1. Усиление фосфорного питания растения в начале периода образования бобов путем опрыскивания листьев сои 2%-ным раствором суперфосфата создает благоприятные условия для синтеза жира в семенах. С первых этапов созревания и до полной спелости зерна существовала тенденция к увеличению масляности у обоих сортов сои. Содержание жира в зрелых семенах сои Приморская 529 в опытном варианте на 0,7%, а у Приморской 494 на 1,2% выше, чем в контроле. В итоге это привело к заметному повышению абсолютного количества масла в семенах, а следовательно, и к увеличению валового выхода масла с единицы площади (до 80 кг/га у сорта Приморская 494 и до 73 кг/га — Приморская 529).

2. Различия в накоплении масла в семенах опытных и контрольных растений объясняются различными скоростями синтеза отдельных жирных кислот, что ведет к изменению содержания их в масле. Количество линолевой кислоты в масле из зрелых семян в опыте в среднем на 2% выше, чем в контроле. Относительное содержание линоленовой кислоты также повышалось, однако влияние внекорневой подкормки оказалось слабее. Количество олеиновой кислоты уменьшилось. Следовательно, опрыскивание листьев суперфосфатом повышает питательную ценность соевого масла.

3. Внекорневая подкормка суперфосфатом способствовала более быстрому вызреванию соевого масла и заметно повысила степень его неопределенности.

4. Степень отзывчивости на внекорневую подкормку зависела от основного фона, биологических особенностей сорта и особенностей климатических условий в годы ее проведения.

5. Положительное влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на качество ценной части растения, очевидно, обусловлено сдвигом в обмене веществ растения.

6. Фосфорный обмен в семенах сои опытных вариантов характеризуется повышенным содержанием фракции неорганического фосфора и всех форм органических фосфорных соединений.

7. Внекорневая подкормка суперфосфатом активизировала синтез белковых веществ в семенах сои.

8. Опрыскивание или опрыскивание посевов сои суперфосфатом приводит к повышению урожайности семян сои по сравнению с контролем от 10 до 20 и более процентов.

9. Созревание семян сои при подкормке ускорилось на 4—6 дней по сравнению с контролем.

10. Опыты, проводимые нами совместно с Приморским сельскохозяйственным институтом, а также широкое производственное испытание внекорневой подкормки в хозяйствах Приморского края показали высокую эффективность этого приема. Чистый доход на гектар от применения подкормки составил от 32 до 57 рублей, затраты окупались в 8—12 раз.

ЛИТЕРАТУРА

Багаев В. Г., 1958. Влияние условий фосфатного питания на рост растений и качество урожая сои. Изв. ТСХА, 3.

Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на урожай и химический состав зерна сои в условиях Приморского края. Тр. ДВ филиала им. В. Л. Комарова АН СССР, серия растений, т. 1.

Беликов И. Ф., 1963. Взаимоотношение между листовым аппаратом и органами плодоношения у сои. Автореф. дисс., Владивосток.

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

Воробьев Н. В., 1966. Динамика накопления и превращения липонидных веществ в созревающих семенах сои. Автореф. дисс., Ростов-на-Дону.

Грицун А. Т., 1964. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток.

Егоров А. В., 1957. Внекорневое питание растений фосфором. Изв. ТСХА, вып. 3.

Клечковский В. М., В. М. Багаев, 1949. О некоторых особенностях обмена фосфорных соединений сои в зависимости от условий питания. Докл. ТСХА, вып. 10.

Крейцберг О., 1961. Включение в обмен веществ фосфора, усвоенного при внекорневой подкормке. Изв. АН Латвийской ССР, № 1.

Кротович В. Л., 1961. Основы биохимии растений. М., Изд. «Высшая школа».

Мацков Ф. Ф., Ф. Я. Бузовер, 1947. Внекорневая подкормка как способ управления направленностью работы ферментативного аппарата листьев. Записки ХСХИ, т. 6.

Мосолов И. В., 1936. Влияние азота, фосфора и калия на образование белка, жира и углеводов в зерне сои. «Химизация соц. земледелия», № 9.

Маштаков С. М., 1952. О внекорневом питании сельскохозяйственных растений. Изв. АН БССР, № 6.

Сидоренко П. К., 1966. Внекорневая подкормка сои в условиях Приморского края. Дисс. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук. Уссурийск.

Соколов А. В., 1950. Агрохимия фосфора. М., Изд. АН СССР.

Тьева О. Ф., 1966. Фосфор в питании растений. М., Изд. «Наука».

Устенко Г. П., 1941. Влияние основных элементов корневого питания на фотосинтез и дыхание у сахарной свеклы. Докл. АН СССР, т. 32, № 9.

Учеваткин Ф. И., А. А. Бородулина, 1954. Внекорневые фосфорные подкормки хлопчатника в период плодообразования. Ташкент, Изд. АН Узб. ССР.

Уиттвер С. Х., М. Дж. Буковак, Х. Б. Таки, 1965. Внекорневое питание и подвижность питательных веществ. Удобрения. М., Изд. «Колос».

Шереверя Н. И., 1956. О взаимосвязи минерального питания растений через листья и корни. Автореф. дисс., Харьков.

Штраусберг Д. В., 1958. Усвоение питательных элементов растениями за Полярным кругом при различных температурных условиях. «Физиол. раст.», т. 5, № 3.

Щеглова В. Ф., 1951. Изучение влияния азотно-фосфорного питания на развитие хлопчатника. Автореф. дисс.

Щеглова В. Ф., Л. Д. Рачков, 1956. Интенсивность поглощения фосфора и превращение его в различные органические формы при внекорневом питании растений. Тезисы докл., представленных на совещании по вопросам изучения с помощью метода меченых атомов питания растений и применения удобрений. М.

Эдельштейн М. М., 1955. Предуборочная внекорневая подкормка сахарной свеклы в опытах ТСХА и в производственных испытаниях (1948—1953 гг.). В сб.: Внекорневая подкормка с.-х. растений. М., Сельхозгиз.

Яковлева В. В., 1955. О внекорневой подкормке растений бором. Внекорневая подкормка с.-х. растений. М., Сельхозгиз.

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, Оноприйчук, 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 посевы 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-глутатион), 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.

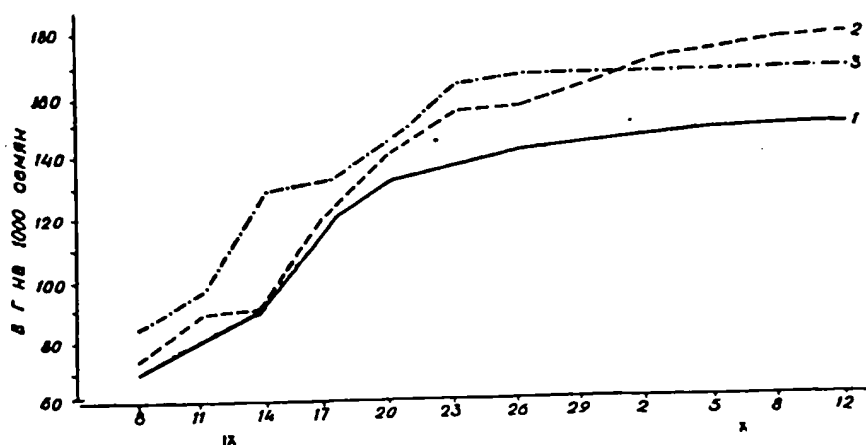


Рис. 1. Влияние азотных подкормок на изменение абсолютного веса семян сои (1964 г.): 1 — контроль; 2 — аммиачная селитра; 3 — мочевины.

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.

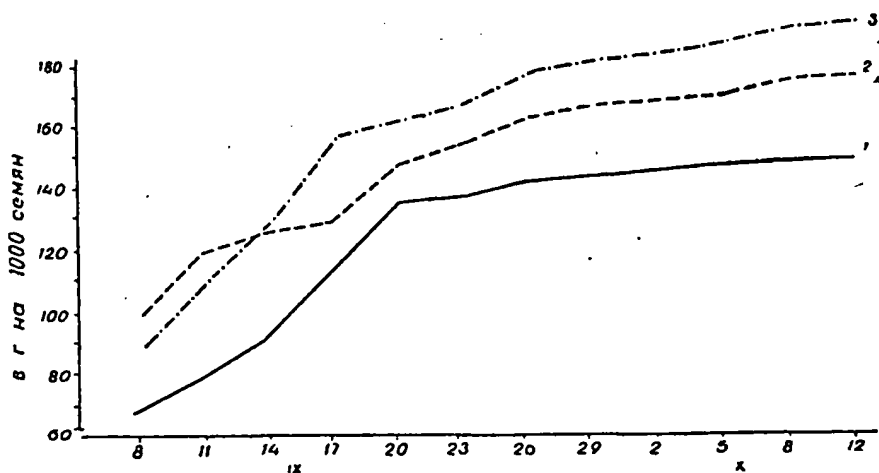


Рис. 2. Влияние молибдена на изменение абсолютного веса семян сои (1964 г.): 1 — контроль; 2 — опрыскивание растений; 3 — опрыскивание семян и растений.

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

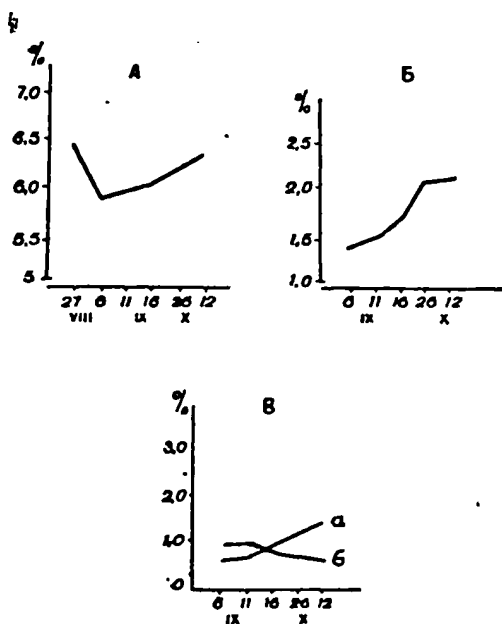


Рис. 3. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

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).

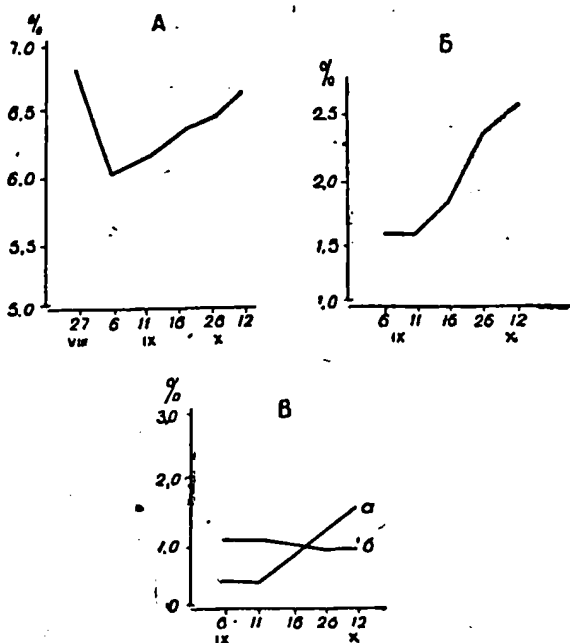


Рис. 4. Влияние аммиачной селитры на динамику накопления азотистых веществ в семенах сои (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

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

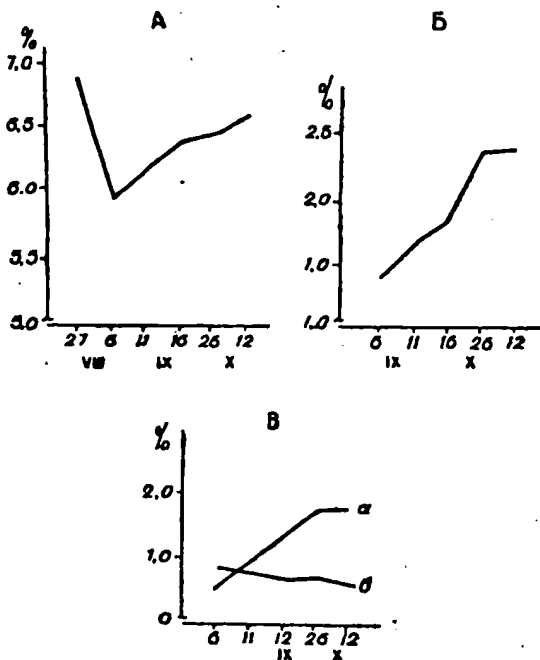


Рис. 5. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием мочевины (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

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.

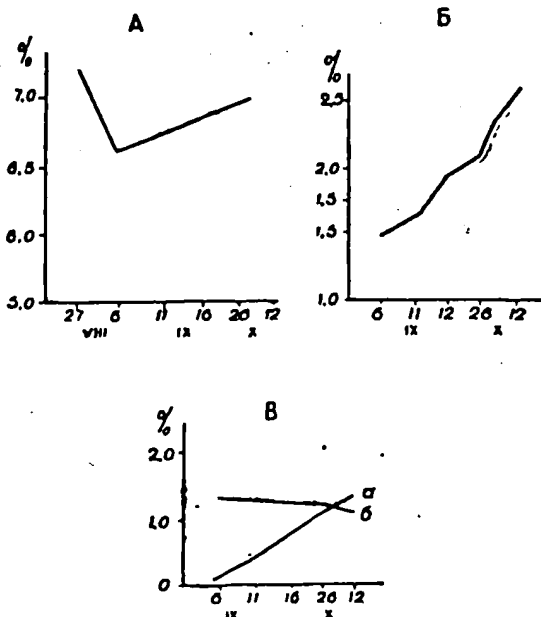


Рис. 6. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием опрыскивания растений молибденом (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

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

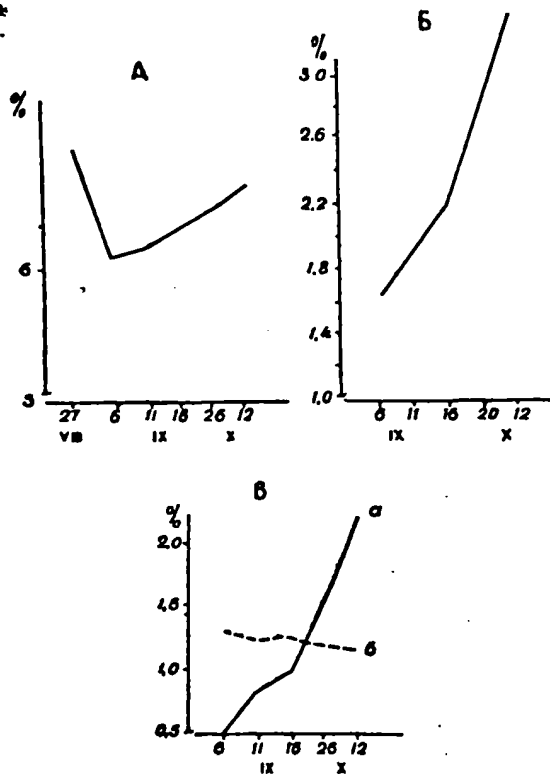


Рис. 7. Динамика накопления азотистых веществ в семенах сои под влиянием опрыскивания семян и растений молибденом (1965 г.): А — азот общий; Б — азот водорастворимый; В: а) белковый, б) небелковый.

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	Мо (внекорневая подкормка)	Мо (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 маслоснакопления, 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 масличности на 0,16%, мочевины — на 0,07%, молибдата аммония — на 0,92—0,82%. Но снижение масличности семян сои при подкормках было очень незначительным. 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

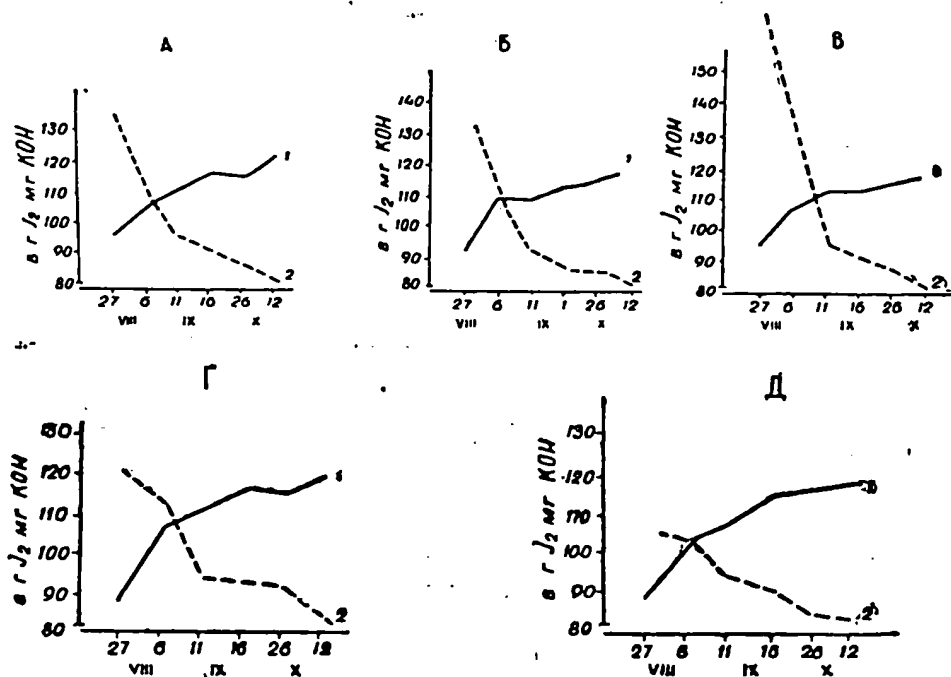


Рис. 8. Изменение степени неопределенности и содержания свободных жирных кислот в созревающих семенах сои под влиянием внекорневых подкормок (1965 г.): А — контроль; Б — аммиачная селитра; В — мочевины; Г — опрыскивание растений Мо; Д — опрыскивание семян и растений Мо.

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 (урожай 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
Мо, внекорневая подкормка	8,89	6,01	3,82	2,83	1,74
Мо, 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-непределенных жирных кислот, количество которых подвержено большим изменениям в зависимости от места произрастания сои (Юшкевич с сотруду., 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
Мо (внекорн. подкорм.)	43,56	45,02	46,21	48,97	51,84	28,13	32,49	43,71	45,94	47,74
Мо (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
Мо (внекорн. подкорм.)	10,85	10,43	9,54	9,12	9,01	9,83	9,17	8,67	8,34	8,28
Мо (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
Мо, опрыскивание листьев	17,90	35,22	67,33	93,36	101,64
Мо, 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
Мо, опрыскивание листьев	6,12	9,89	13,50	17,18	18,08
Мо, 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;

Анспок, 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, Тенисоне, 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 липидных 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.

Грицул 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 пастернаках. 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. Оноприйчук, 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 биол. 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 масличных 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.

Товарищский 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. Kranczunas 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».

ГЛАВА VI

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МОЛИБДЕНОМ И АЗОТОМ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ СЕМЯН И ЛИСТЬЕВ СОИ

По вопросу о влиянии различных факторов на аминокислотный состав растений в литературе существуют различные точки зрения. Сейчас общезвестно, что удобрения резко влияют на содержание общего азота в растениях, в том числе и в сое (Грицун, 1952, 1958, 1958а, 1964, 1965; Куркаев и Голов, 1962; Новак, 1964; Плешков и др., 1964, 1964а; Беликов и Чуб, 1965; и др.). Но под влиянием удобрений может изменяться и количество аминокислот в них (Плешков и др., 1950, 1957, 1959а; Possingham и др., 1956, 1957).

Азотистые удобрения усиливают рост растений и повышают содержание белков и аминокислот в них. При недостатке азота количество белков и аминокислот в растениях всегда снижается. По данным Б. П. Плешкова и др. (1957, 1959, 1959а), азотные удобрения в наибольшей степени способствуют повышению содержания аспарагина, глутамина, аспарагиновой кислоты, глютаминовой кислоты, аланина и аргинина. Подкормка растений молибденом также влияет на количество свободных аминокислот в листьях этих растений.

В опытах Поссингэма (Possingham, 1956, 1957) под влиянием микроэлементов наблюдалось изменение содержания свободных аминокислот в листьях томатов, особенно на первых фазах развития растения. Недостаточность молибдена, по его данным, сопровождалась отсутствием гистидина и накоплением аланина, которого не было в контрольных растениях. Под влиянием молибдена в листьях томатов накапливалось большое количество аминomásляной кислоты.

А. А. Собачкин (1958) установил, что недостаток молибдена снижает содержание амидов и аминокислот в листьях, и это снижение предшествует проявлению внешних признаков молибденовой недостаточности. Увеличение количества азота, амидов и аминокислот при внесении молибдена автор объясняет усилением синтеза этих соединений под влиянием молибденовых удобрений.

Е. И. Минина (1960) показала, что при подкормке молибденом в растениях повышается содержание глютаминовой кислоты, серина, аргинина и глютамина, а содержание глицина понижается.

Анке и Грун (Anke a. Gruhn, 1962) убедились, что внесение молибдена повышало содержание общего азота и чистого белка, нормализовало содержание амидного азота, повышало у бобовых общее количество аргинина, треонина, метионина, общего лейцина и фенилаланина, но уменьшало количество кислых аминокислот.

В опытах Стewarda и Марголиса (Steward a. Margolis, 1962) при подкормке растений томатов молибденом общее содержание аминокислот в листьях возрастало. В наибольшей степени изменилось содержание глютамина, глютаминовой кислоты, серина, аспарагиновой кислоты. Аспарагин появляется в листьях через 24 часа после внесения молибдена. В растениях, развивающихся при недостатке азота и молибдена, внесение в питательную смесь нитратного азота не вызывало повышения содержания аминокислот в листьях, при внесении нитратного азота и молибдена содержание аминокислот через 30 часов увеличивалось в 2,5 раза, при внесении аммонийного азота и молибдена — в 2 раза. После внесения аммиачного азота в небольшой степени увеличивалось содержание глютамина.

Аминокислотный состав корней отличался от такового листьев (например, в корнях было найдено большое количество аспарагина и аргинина). Названные исследователи считают, что молибден способствует восстановлению нитратного азота, но не оказывает влияния на синтез аминокислот и амидов из аммиака.

Я. В. Пейве (1963) сообщил, что уже через 4—5 часов после введения молибдена в питательный раствор в растениях повышается содержание некоторых аминокислот, в первую очередь аспарагиновой и глютаминовой.

Л. А. Люкова и В. А. Дудник (1964) установили, что повышение содержания аминного азота и свободных аминокислот объясняется повышением активности нитратредуктазы в присутствии молибдена. По их данным, повышение белкового и аминного азота сопровождается уменьшением нитратного и амидного.

М. Абдуталымов и А. Самедова (1964) доказали, что подкормка растений молибденом приводит к значительному увеличению общего количества аминокислот в листьях пшеницы (в фазе выхода в трубку) и фасоли (в фазе семи листьев и цветения) и накоплению глицина, аланина, цистина, аргинина и лизина.

На более поздних стадиях развития растений действие микроудобрений на содержание аминокислот не столь эффективно. Авторы объясняют это усилением оттока аминокислот из листьев в другие органы растений. По-видимому, при изучении состава

ва свободных аминокислот в листьях растений необходимо учитывать их возраст, ибо сравнение содержания аминокислот у растений разного возраста может привести к ошибочным выводам.

Гораздо менее сильно в зависимости от условий выращивания меняется количество аминокислот в белках. Мнение исследователей по этому вопросу тоже расходится. Одни считают, что условия питания растений существенно влияют на аминокислотный состав белков, при этом становится иным и содержание незаменимых аминокислот, что влечет за собой изменение питательной ценности белков (Луковяникова, 1955; Плешков и др., 1957; Лукашик и др., 1965); другие — не наблюдали изменчивости аминокислотного состава (Плешков, 1964; Стюард и Томпсон, 1958).

Б. П. Плешков в полевых и вегетационных опытах изучил влияние удобрений на состав белков пшеницы, ячменя, кукурузы, фасоли и картофеля и пришел к выводу, что резко различные условия питания не оказывают существенного влияния на аминокислотный состав белков листьев, хотя содержание белка в некоторых вариантах возрастало на 60—75%.

Содержание белка в зерне фасоли и пшеницы возрастало от применения азотных удобрений в полтора раза, но аминокислотный состав суммарных белков был постоянен, как и питательная ценность, рассчитанная по формуле Карпаццы, Линдера и Варга. Стабильным оказался и состав белков клубней картофеля. По мнению автора, действие удобрений очень сильно влияет на содержание свободных аминокислот. Аминокислотный состав белков растений отличается постоянством, не зависит от общего содержания азота в растениях. Фракция свободных аминокислот ни в какой степени не влияет на содержание аминокислот в белках растения, которое определяется, очевидно, его генетической природой.

Н. А. Лукашик с соавторами (1965), проанализировавшие большое число растений (88 образцов зерен злаков и бобовых, взятых из фондов сортоиспытания сельскохозяйственных культур, и несколько образцов кормовых трав), обнаружили, что аминокислотный состав белков семян значительно варьирует и зависит от сорта и места произрастания растения, в то время как одноименные травы, собранные в разные годы, существенно не различаются по аминокислотному составу. С прохождением фаз вегетации в кормовых травах злаковых и бобовых наблюдается некоторое снижение содержания аминокислот, в частности лизина.

Объясняет полученные результаты, возможно, то, что для анализа аминокислотного состава семян брали образцы, выращенные в резко различных условиях (например, в Иркутской, Минской области, Марийской АССР, Амурской и Ростовской об-

ластях и т. д.), в то время как все образцы трав взяты с полей ТСХА.

Таким образом, азотные и молибденовые удобрения влияют на содержание белка и свободных аминокислот в растениях. Качество белка, по-видимому, менее подвержено изменению, однако не исключено, что такие изменения можно было бы выявить, если бы для анализа использовались резко различающиеся по генетической природе сорта, выращенные в совершенно разных условиях.

Работы, показывающие действие молибдена и азота на качество белка растений сои, нам не известны.

Вопрос о влиянии удобрений на сою изучается уже давно, но закономерности действия удобрений на растение сои еще не вскрыты.

Соя — растение азотфиксатор. В связи с этим сложилось мнение, что во внесении азотных удобрений она не нуждается, а сама обогащает почву азотом. Ряд ученых отмечают ее слабую отзывчивость на азотные удобрения (Товарницкий, 1935; Лещенко, 1948; Шконде, 1957; Грицун, 1965).

Каттер и Хартвиг (Carter a. Hartuwig, 1963) сравнили действие азотных удобрений на двух, близких по наследственности линиях сои, одна из которых обладала способностью развивать клубеньки при инокуляции, другая — нет. Урожай сои, образующей клубеньки, под влиянием азотных удобрений возрос на 1,3 ц/га, тогда как линия, не образующая клубеньков, дала прибавку 15,7 ц/га.

Авторы делают вывод, что внесение азота в почву снижает фиксацию атмосферного азота клубеньковыми бактериями. Часть исследователей считают, что вносить азотные удобрения под сою необходимо (Енкен, 1959; Новак, 1960; Беликов и Ткаченко, 1961; Куркаев и Курдин, 1961; Золотницкий, 1962; и т. д.).

И. В. Мосолов (1936) установил, что усиленное азотное питание, особенно в начале цветения, способствует повышенному накоплению белка в зерне. По мнению К. К. Малыша (1955), азотная подкормка наиболее эффективна в фазы цветения и налива зерна. Этой же точки зрения придерживаются И. Ф. Беликов (1952, 1955, 1955а), В. Б. Енкен (1959) и В. В. Бурлака с соавторами (1964, 1964а) и др.

А. Г. Новак (1960) отмечает, что, хотя соя и является фиксатором азота, вследствие специфичности химического состава зерна она и сильный потребитель растворимых форм его. Усвояемого клубеньковыми бактериями атмосферного азота ей недостаточно, поэтому необходимо вносить азотные удобрения. Это объясняется следующими причинами: 1) в первый период клубеньковые бактерии накапливают мало азота, и растения берут его из почвы в виде солей; 2) повышенная потребность в азоте в период цветения и налива зерна связана с интенсивным накоп-

лением белка в зерне; 3) кроме того, жизнедеятельность клубеньковых бактерий зависит от ряда условий: температуры, аэрации и влажности почвы, содержания в ней питательных веществ, реакции среды и других (при отсутствии необходимых условий она подавляется, и накопленного клубеньковыми бактериями атмосферного азота мало).

И. Ф. Беликов (1961) показал, что внесение азотных удобрений в период образования бобов может увеличить урожай даже на 70%. При этом сильно меняется химический состав семян. Объясняет это автор тем, что специфические почвенно-климатические условия края — повышенная кислотность, тяжелый механический состав буро-подзолистых почв Приморья и обилие осадков во второй половине лета — приводят к резкому снижению эффективности удобрений, вносимых перед посевом или при посеве. Большая часть их подвергается биологическому или химическому поглощению или вымывается в нижележащие горизонты, и соя к периоду формирования бобов испытывает недостаток в элементах питания, а потребность в них в это время максимальна.

Таким образом, большинство ученых приходит к выводу, что соя нуждается в подкормках азотом, особенно в период цветения и начала бобообразования (Беликов, 1952; Малыш, 1955; Енкен, 1959; Бурлака и др., 1964, 1964а).

В последнее время стало ясно, что азотное питание бобовых зависит от наличия в усвояемой форме элемента молибдена. Самы признаки молибденовой недостаточности у растений сходны с симптомами азотной. Листья таких растений приобретают бледную, иногда желто-зеленую окраску. Черешки листьев становятся красно-бурыми. Листья часто лишены тургора, что особенно хорошо заметно по краям листовой пластинки или у ее основания. Рост растений при этом замедляется или приостанавливается.

Б. А. Рубин (1961) объясняет появление желто-зеленой окраски листьев у растений с молибденовой недостаточностью, ослаблением фиксации атмосферного азота.

Еще в 1930 г. Г. Бортельс показал важную роль молибдена в фиксации атмосферного азота азотобактером. Предположение о том, что молибден необходим для восстановления нитратов при синтезе аминокислот и белков, впервые высказано Штейнбергом (Steinberg, 1937). Многочисленные опыты Мульдера (Mulder, 1948) доказали, что молибден участвует в восстановлении нитратов. При его отсутствии в листьях накапливаются нитраты, белкового азота не образуется.

Известно, что поглощение азота при корневом питании происходит в основном в нитратной форме. Если в почве мало молибдена в усвояемой форме, растение даже при избытке нитратного азота может испытывать азотное голодание.

По мнению Д. Арнона (1962), физиологическая роль молибдена интересна в отношении двух процессов: усвоения азота и фотосинтеза. Андерсон (Anderson, 1956) считает, что для всех процессов обмена в бобовом растении требуется значительно меньше молибдена, чем для симбиотической фиксации азота.

Несколько иной точки зрения придерживается Е. И. Ратнер (1964), который после своих опытов с горохом и соей пришел к выводу, что на кислых дерново-подзолистых почвах под влиянием молибдена активизируется жизнедеятельность уже имеющихся в почве клубеньковых бактерий (например, азотобактера). Это ведет к повышению урожая бобовых растений и повышенному накоплению в них белка, независимо от инокуляции.

Дж. Спенс (1965) установил, что процесс фиксации атмосферного азота бобовыми растениями происходит в корневых клубеньках путем первичной адсорбции азота леоглобином — крупной белковой молекулой, содержащей железо. Между газообразным азотом и этим белком образуется прочный комплекс. Роль молибдена в реакции заключается во взаимодействии со связанным азотом и превращении его в аммиак, который используется растением для синтеза аминокислот.

Участие молибдена в процессе усвоения атмосферного азота и в восстановлении нитратов показано в ряде работ (Steinberg, 1937; Mulder, 1948; Anderson, 1956). В результате этих исследований установлено, что молибден входит как постоянный компонент в состав фермента нитратредуктазы — металлофлавопротеина. Она катализирует перенос электронов с восстановленных пиридин-нуклеотидов ТПН-Н и ДПН-Н с образованием нитрата по следующему уравнению: $\text{ТПН-Н (ДПН-Н)} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{ТПН}' + (\text{ДПН}') + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Молибден, очевидно, используется при синтезе белковой части молекулы фермента.

Гаральд и Эвенс (Harold a. Evans, 1956) считают, что флавины и молибден действуют как переносчики электронов с ТПН-Н на нитратредуктазу ($\text{ТПН} \rightarrow \text{ФАД} \rightarrow (\text{ФМН}) \rightarrow \text{Mo} \rightarrow \text{NO}_3^-$).

Флавины предшествуют молибдену. Не содержащий молибдена фермент не может катализировать восстановление нитрата в нитрит при помощи ТПН-Н при восстановлении флавина. Но такой фермент может катализировать восстановление ФАД или ДМН при помощи ТПН-Н. Ферментативное окисление ФМН-Н молибденом в анаэробных условиях в отсутствие нитрата позволяет предполагать, что ион молибдена действует, как переносчик электронов. Но молибден необходим некоторым растениям и грибам не только при использовании ими нитратного азота, но и при питании их аммиачной формой азота. Усиление окислительных процессов под влиянием подкормки растений молибденом установлено многими исследователями (Пейве, 1955, 1960, 1961, 1963; Догис, 1956, Щуровская, 1960; Пейве и др., 1965; Авдонин и Аренис, 1966; и т. д.).

Р. Килер и Дж. Варнер (1965) отметили, что молибден входит в состав фермента ксантиноксидазы, катализирующей окисление ксантина и гипоксантина до мочевой кислоты.

Положительное влияние подкормки молибденом на растения сои показано и в ряде других работ (Чемоданова, 1963; Parker a. Harris, 1962; Куркаев и Голов, 1962; Lewy a. Barber, 1965; Pazzar, 1965; Прокуменщикова, 1967; и т. д.).

Интересна работа Э. И. Чемодановой (1962), изучавшей влияние молибдена на некоторые важнейшие процессы, происходящие в растениях сои, вики, конских бобов. Автор показала, что молибден ускоряет передвижение пероксидазы из прорастающих семян в листья и корни, в результате чего активность пероксидазы в листьях сои повышается в фазе одного листа более чем в 5 раз, в корнях — в 2 раза. Молибден увеличивает количество белкового азота в растениях. В фазу развития 4 листа содержание аминного азота в листьях опытных растений увеличилось почти в 2 раза. Белковый обмен смещался в сторону синтетических процессов.

Паркер и Гаррис (Parker a. Harris, 1962) проводили опыты с соей на почвах с pH 5,6. Внесение молибдена в дозе 0,22 кг/га дало такую же прибавку урожая, как внесение 5 т извести на гектар. Прибавка урожая от молибдена без извести составила в среднем 46,2% при опрыскивании листьев и 55,1% при обработке семян. На фоне извести молибден влияния не оказал.

В. Т. Куркаев и В. И. Голов (1962) отмечают, что обработка семян молибденом и внекорневая подкормка в условиях Амурской области повысили урожай семян сои на 25—40%, содержание азота в зерне увеличилось на 0,45—0,98%. Вес клубеньков возрос в полтора—два раза.

Положительное влияние молибдена на растение сои отмечается А. Т. Грицуном и Л. С. Сазоновой (1963); хорошие результаты дала внекорневая подкормка растений сои в опытах П. К. Сидоренко (1966).

Обстоятельная работа по влиянию подкормок сои молибденом проведена Л. Т. Прокуменщиковой (1967). Ею определено влияние молибдена на сою в зависимости от содержания его в почве и способов внесения удобрения, рассмотрено действие различных доз вносимого молибдена. Она пришла к выводу, что все способы внесения молибдена повышают содержание белка как в корневой системе, так и в надземных органах сои, что сказывается на повышении количества белка в семенах. Содержание углеводов снижается, очевидно, вследствие использования для синтеза белковых веществ, а количество жира в семенах сои или остается неизменным, или понижается. Возрастает содержание хлорофилла, повышается интенсивность фотосинтеза и дыхания. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы почти не изменяется. Автором установлено, что на лугово-бурых почвах клу-

беньковые бактерии без активации их деятельности молибденом не могут обеспечить в достаточной степени растения сои азотом. Л. Т. Прокуменщикова отмечает, что при выращивании сои на корм скоту не следует применять внекорневую подкормку, чтобы избежать накопления молибдена в количестве, токсичном для животных.

Следует отметить, что действие молибдена не ограничивается одним годом, а продолжается на следующий год.

По данным В. В. Яковлевой (1955), молибден, внесенный в почву, проявляет свое действие в течение 10 лет. Подкормка растений молибденом влияет на многие процессы, происходящие в них, и вследствие этого приводит к повышению урожая и повышенному накоплению белков в семенах и вегетативной массе. По-видимому, основной механизм действия молибдена заключается в его участии в восстановлении нитратов.

Бобовые культуры, в том числе и соя, хорошо отзываются на внесение молибдена. Так как нас интересовал вопрос о возможности повышения количества белка в сое и улучшении его качества, мы остановились на внекорневых подкормках растений сои в фазе начала бобообразования, поскольку именно в этот период соя испытывает недостаток в элементах питания, и внекорневые подкормки провести можно. По данным литературы и данным нашей лаборатории, они улучшают состав белков в сое. Однако при использовании белка и листьев сои, подкормленных молибденом, на корм скоту необходимо помнить, что количество молибдена в растениях сои после внекорневой подкормки может быть токсичным для животных. Необходимо определять содержание молибдена в испытываемой сеной муке.

Экспериментальная часть

Полевые опыты закладывались в 1964—1965 гг. на опытном поле Приморского сельскохозяйственного института (с. Воздвиженка Уссурийского района) сотрудниками Лаборатории биохимии Биолого-почвенного института и кафедры растениеводства Приморского сельскохозяйственного института (Сидоренко, 1966; Выхрестюк и Чуб, 1967). Высеивали районированный в крае зерновой сорт сои Приморская 529 и наиболее распространенный кормовой сорт Уссурийская 154. Почвы лугово-бурые оподзоленные (Иванов, 1964). Характеристика пахотного горизонта такова: гумуса — 3,3—6,8%, суммы поглощенных оснований — 16—17 мг/экв., подвижных форм азота — 3,5—4,1 мг, фосфора — 2,2—3,1 мг, калия — 6,3—8,0 мг на 100 г почвы. Солевой pH — 4,8—5,5. До посевов в почву вносили $P_{45}K_{30}$ по действующему началу. Общая площадь делянок — 90 м², из которой 50 м² — учетная. Соблюдались общепринятая агротехника возделывания сои в Приморском крае.

Растения подкармливали пылевидным суперфосфатом, аммиачной селитрой и мочевиной. Из микроудобрений использовали молибден в виде молибденовокислого аммония (Выхрестюк и Чуб, 1967). Подкормку проводили в период начала бобообразования. К этому моменту соя усиленно образует вегетативную массу и начинает формировать репродуктивные органы, поэтому потребность в элементах питания максимальна. Но обычная подкормка в августе затруднена вследствие того, что листья и корни растений сомкнуты, а почва часто переувлажнена. Условия для внекорневой подкормки, напротив, оптимальны, т. к. поглощение минеральных веществ листьями зависит от влажности воздуха (Ратнер и Баринов, 1959; Шереверя, 1956; Голубева, 1963). Влажность воздуха в районе проведения опытов в конце июля — начале августа максимальна.

Через две недели после подкормки растения сои кормового сорта убирали для приготовления сеной муки. Сою на зерно убирали в фазу полной спелости.

Вегетативную массу (после отделения стебля от корня) высушивали в сушильном шкафу при 80°, измельчали в мельнице типа «Пируэт», просеивали через сито 0,25 см и хранили в банках с притертыми пробками.

Перед анализами средние пробы очищенных и освобожденных от оболочки и зародышей семян грубо измельчали в кофейной мельнице и обезжиривали настаиванием с бензолом и петролейным эфиром при комнатной температуре. Полученную муку измельчали более тонко, дообезжиривали и после удаления растворителя растирали в агатовой ступке до состояния пудры, просеивали через капроновое сито с диаметром отверстий 0,1 мм. Хорошо перемешанный материал в таком виде использовали для анализов.

Выделенные белки характеризовались содержанием общего азота (по микро-Кьельдалю), фосфора, золы и спектрами поглощения в ультрафиолетовой области. Наличие углеводов проверяли реакцией Молиша и Бналя. В белках определяли содержание наиболее распространенных аминокислот методом количественной хроматографии на бумаге по объединенному способу Гирри (Giri et al., 1953) и Боды (Bode, 1955) в модификации Г. Н. Зайцевой и Н. П. Тюленевой (1958), принятой на кафедре биохимии растений МГУ. Количество дикарбоновых кислот определяли по Фореману, метионина — по методу Мак-Картти и Салливан (Mc Cartty a. Sullivan, 1941), цистина — по Фоллину и Марензи (Folin a. Margenzy, 1929), триптофана — по Спиз и Чамберс (Spies a. Chambers, 1949). Количество тирозина и триптофана определяли спектрофотометрическим методом (Бэйли, 1965), α -аминный азот — методом Починка и Бернштейна (1956).

Извлечение белков проводили по методу, предложенному В. Т. Клименко (1956). Ввиду того, что целью было определение

аминокислотного состава белков для установления их пищевой ценности, мы считали более рациональным не последовательное извлечение белков различными растворителями (которое все равно приводит к выделению не отдельных белков, а суммы их), а извлечение суммарного белка из обезжиренной соевой муки 0,1 н NaOH. Клименко установлено, что такая концентрация щелочи вполне достаточна для экстракции, но приводит к меньшим денатурирующим воздействиям, чем 0,2 н NaOH) на холоду.

Определение содержания аминокислот в белках сои методом количественной хроматографии на бумаге

В настоящее время лучший метод определения аминокислот — определение на колонках с ионообменными смолами по Муру и Штейну (Moore a. Stein, 1954) с помощью автоматического анализатора аминокислот. Мы избрали метод количественной хроматографии на бумаге, как наиболее доступный и позволяющий определить почти все аминокислоты, входящие в состав белков. Из очень большого количества самых разнообразных вариантов этого метода наше внимание привлек метод Гири с сотрудниками (Giri et al., 1953), которые разработали оптимальные условия количественного определения аминокислот. Авторы использовали способность синего комплекса, получаемого в результате взаимодействия аминокислот с нингидриновым реактивом, образовывать с раствором CuSO_4 более интенсивное красное окрашивание, чем с одним нингидрином. Они предложили после погружения хроматограммы в нингидриновый реактив высушить ее на воздухе до исчезновения запаха ацетона, а затем прогреть в шкафу 30 мин. при 65° . Эти условия, пожалуй, следует признать оптимальными, ибо при них достаточно хорошо развивается окраска аминокислот группы серина, а окраска аминокислот группы аланина разрушается лишь в незначительной степени. Но Гири проводил определение аминокислот на круговых хроматограммах. Для анализа белковых гидролизатов это не совсем удобно, т. к. в них содержится большое число аминокислот, которые на круговых хроматограммах разделяются не очень хорошо. В то же время при восходящей и нисходящей хроматографии пятна получаются не компактными, «хвостят». Поэтому для разделения мы решили использовать полосы бумаги такой формы, которая выгодно сочетает достоинства круговой хроматографии с достоинствами линейной (Reindal a. Horpe, 1953).

Индийские ученые Рао и Вадхвани (Rao a. Wadhvani, 1953) показали, что, изменяя соотношение компонентов, можно добиться хорошего разделения всех аминокислот только в бутилово-уксусной смеси.

Мы применили в своей работе смесь н-бутанол-уксусная кислота — вода с соотношением компонентов 40:10:50 и 40:15:5. Пропуская эти смеси через каждую полосу бумаги 3—4 раза, мы получили хорошее разделение цистина, лизина, гистидина, аргинина, аланина, тирозина, метионина, валина, фенилаланина и лейцинов (часто лейцин и изолейцин тоже делятся) в смеси: 40:10:50 и аспарагиновой кислоты, серина, гликокола, глютаминовой кислоты и треонина в смеси: 40:15:5 (рис. 1 и 2).

По мнению Bode (1955), при элюировании нингидринового комплекса метанолом, содержащим HCL все аминокислоты да-

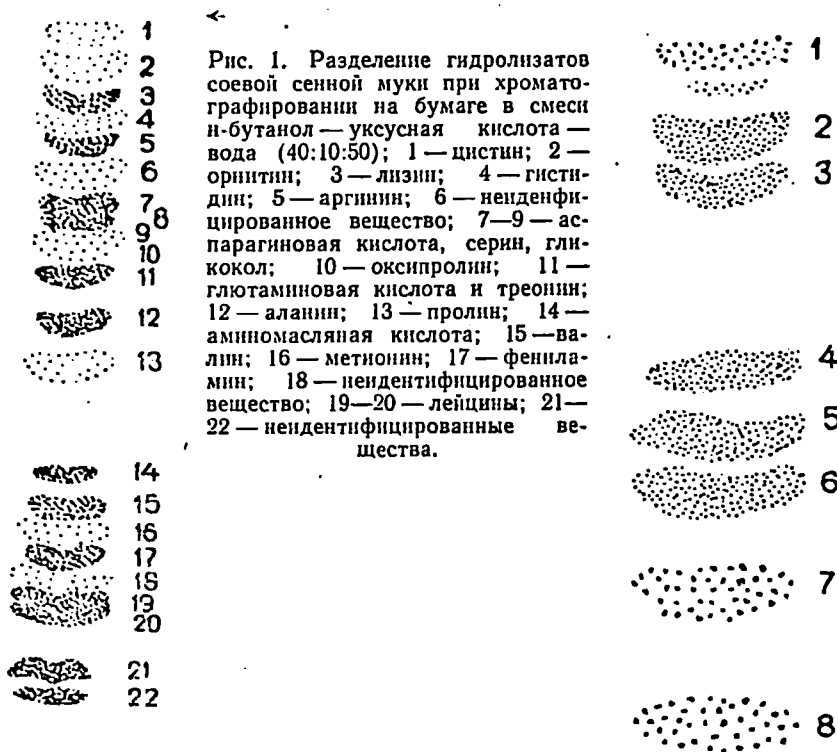


Рис. 1. Разделение гидролизатов соевой сенной муки при хроматографировании на бумаге в смеси н-бутанол — уксусная кислота — вода (40:10:50); 1—цистин; 2—орнитин; 3—лизин; 4—гистидин; 5—аргинин; 6—неидентифицированное вещество; 7—9—аспарагиновая кислота, серин, гликокол; 10—оксипролин; 11—глутаминовая кислота и треонин; 12—аланин; 13—пролин; 14—аминомасляная кислота; 15—валин; 16—метионин; 17—фенилаланин; 18—неидентифицированное вещество; 19—20—лейцины; 21—22—неидентифицированные вещества.

Рис. 2. Разделение гидролизатов соевой сенной муки при хроматографировании на бумаге в смеси н-бутанол — уксусная кислота — вода (40:15:5): 1—цистин; 2—лизин и гистидин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—серин; 6—гликокол; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин; 9—аланин.

ют одинаковый и более яркий оттенок окраски, и при правильном выполнении процедуры построение калибровочных графиков можно свести к построению только двух кривых. Это положение мы тоже использовали в своей работе. В результате родилась модификация метода, принятая на кафедре биохимии растений МГУ и изложенная Г. Н. Зайцевой совместно с нами в соответствующей работе (Зайцева, Тюленева, 1958). Во всех своих экспериментах мы пользовались этой модификацией, внося в нее лишь такие изменения, как двойное погружение хроматограммы в раствор нингидрина (хроматограмма протаскивается один раз, высушивается под тягой и затем протаскивается второй раз). Как показали эксперименты, это способствует получению воспроизводимых результатов, видимо, вследствие того, что при однократном проявлении бумага высыхает очень быстро и некоторые аминокислоты не успевают в достаточной степени прореагировать с нингидрином. Это особенно сказывается при высоких концентрациях аминокислот, когда площадь пятна мала. Кроме того, элюция окраски с бумаги производилась при периодическом встряхивании в течение 1 часа 30 мин. За этот период вся окраска полностью переходит в раствор.

Следует заметить, что успеху дела способствует полная стандартизация деталей процедуры и хорошее насыщение камеры, где проводится разделение парами соответствующего растворителя.

Идентификация аминокислот на хроматограммах проводилась с помощью использования показателя R_f аминокислот-свидетелей, а также с помощью специфических реакций на отдельные аминокислоты на бумаге (Магницкий и др., 1959) и многоцветным проявлением по методу А. Н. Бояркина (1956). Кроме того, пятна аминокислот на хроматограммах проверяли с помощью двумерной хроматографии.

В последнее время в адрес бумажной количественной хроматографии посыпались упреки. Метод действительно требует как можно больше полной стандартизации всех условий, в которых ведется определение.

Некоторые авторы считают, что на одном и том же листе с опытным раствором должен обязательно находиться контрольный вследствие невозможности получения воспроизводимых результатов при анализе разных партий. Это крайне нежелательно, так как сильно увеличивает объем и без того громоздкой работы, а кроме того, исключает применение бумаги с несплошной формой стартовой части, которая сильно улучшает разделение. Чтобы показать, что получение воспроизводимых результатов возможно, нам пришлось построить кривые несколько раз и статистически их обработать. Для их построения получены данные для четырех концентраций (для каждой концентрации 9—12—15 определений), пятая — точка 0, так как из прежних определений

и из литературы известно, что кривая идет через 0. Концентрация аминокислот взята такой, что она прямо пропорциональна коэффициенту экстинкции.

Проводили прямую по методу наименьших квадратов. Вычисляли среднюю квадратичную ошибку среднего для каждой кривой. Получили формулу $X = ay \pm \sigma$, по которой, не прибегая к графику, можно производить расчет количества аминокислоты в гидролизатах (где X — количество аминокислоты, a — тангенс угла наклона прямой к оси, y — коэффициент экстинкции).

После статистической обработки кривых оказалось, что ошибка воспроизводимости 2—5%. Ошибка при вычислении кривой особенно велика при низкой концентрации аминокислоты, дающей экстинкцию 0,02—0,03 ед. Поэтому для аминокислот, дающих слабое окрашивание с нингидрином, ставили самостоятельные хроматограммы с большой концентрацией вещества.

Сравнение калибровочных прямых, построенных в разные годы, показало, что в большинстве случаев они близки, исключение составляют лизин и тирозин. Определением азота в аминокислотах установлено, что расхождения зависят от степени очистки аминокислот. Данные для аспарагиновой кислоты представлены на рис. 3.

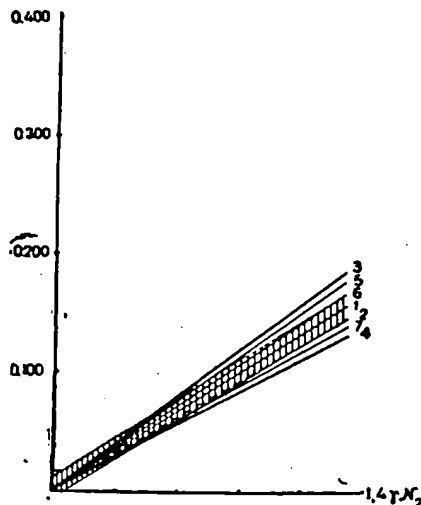


Рис. 3. Сравнение калибровочных графиков для аспарагиновой кислоты. 1 — график, построенный по методу наименьших квадратов; графики: 2 — 1966 г., 3 — 1957 г., 4 — 1958 г., 5 — 1961 г., 6 — 1963 г., 7 — 1965 г.

По методике Бодэ определение всех аминокислот проводили по одному графику. Сравнение построенных нами калибровочных прямых показало, что интенсивность окраски с нингидрином для разных аминокислот различна, и все они по этому принципу могут быть разбиты на 3 группы (рис. 4). Самую низкую интенсивность окраски дают аминомасляная кислота, фенилаланин и цистин, а самую высокую — серин, треонин, глютаминовая

кислота, аргинин, аланин, тирозин. В промежуточную между ними группу входят остальные аминокислоты: гликокол, валин, метионин, лизин, гистидин, аспарагиновая кислота и лейцин. Внутри каждой группы совпадение калибровочных прямых зависит от степени очистки аминокислот и полной стандартизации всех условий построения графика (чистоты реактивов, температуры проявления, степени насыщения камеры при разделении аминокислот, времени проявления в сушильном шкафу и т. д.).

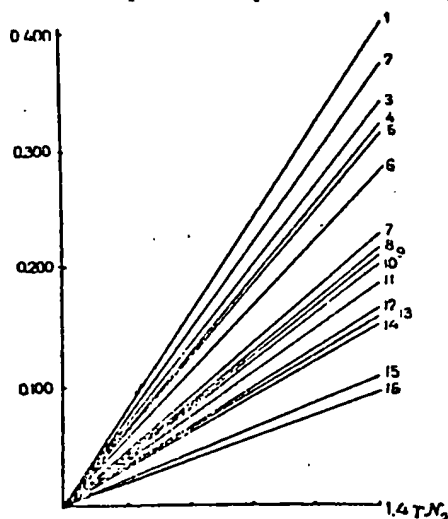


Рис. 4. Калибровочные графики для различных аминокислот, построенные по методу наименьших квадратов. 1 — тирозин, 2 — глутаминовая кислота, 3 — аланин, 4 — аргинин, 5 — серин, 6 — треонин, 7 — валин, 8 — лизин, 9 — лейцин, 10 — гликокол, 11 — гистидин, 12 — метионин, 13 — аспарагиновая кислота, 14 — цистин, 15 — фенилаланин, 16 — аминокислотная кислота.

Калибровочные прямые, построенные по методу наименьших квадратов (на графике обозначены цифрой 1) и просто по средним значениям, не всегда совпадают. Иногда прямая, построенная по средним значениям (обозначена на графике цифрой 2), выходит за пределы ошибки опыта (на графике область ошибки

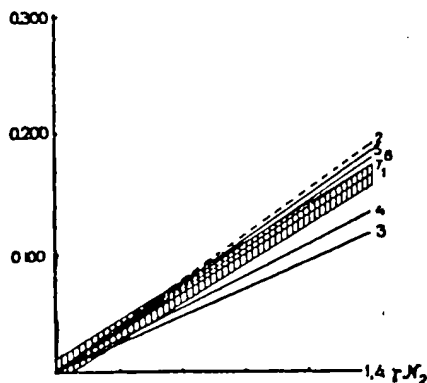


Рис. 5. Сравнение калибровочных графиков для метионина. 1 — график, построенный по методу наименьших квадратов; графики: 2 — 1966 г., 3 — 1957 г., 4 — 1958 г., 5 — 1961 г., 6 — 1963 г., 7 — 1965 г.

$\pm 3\text{т}$ опыта заштрихована (рис. 5), что в наших опытах имело место для цистина, гликокола, метионина, гистидина, аланина и тирозина.

Построение графиков по методу наименьших квадратов, безусловно, более точное, но в несколько раз увеличивает объем работы. Статистическая обработка данных проведена по способу В. С. Асатиани (1965) для малого числа определений.

Определение аминокислотного состава сенной муки из листьев сои

Содержание аминокислот определяли непосредственно в сенной муке без выделения из нее белков. Сенную муку получали размалыванием зеленой массы листьев, черешков и молодых бобов растений сои кормового сорта Уссурийская 154, предварительно высушенных на воздухе под навесом и в сушильном шкафу.

Доли свободных аминокислот, коротких пептидов и аминокислот, входящих в состав белков, определяли отдельно. Для этого сенную муку пятикратно экстрагировали 80%-ным этиловым спиртом при помешивании на кипящей водяной бане. Экстракты концентрировались до определенного объема, половину подвергали гидролизу на тот случай, если там присутствуют короткие пептиды, затем проводили такую же обработку, как и для основных гидролизатов, и доводили до 2 мл. Экстракт же свободных аминокислот концентрировали до 1 мл после обессоливания. Определение проводили в 4 повторностях. Результаты показали, что свободные аминокислоты составляют ничтожный процент от общего аминокислотного состава листьев (1—1,5%). Для определения пищевой ценности белка это не имеет существенного значения, но в несколько раз увеличивает объем работы. Поэтому при анализе сои урожая 1965 г. мы проводили валовый гидролиз всей сенной муки, увеличив при этом до 3 число повторностей (гидролиз), чтобы можно было провести статистическую обработку материала.

Один грамм сенной муки гидролизovali 20 мл 20%-ной соляной кислоты 24 часа при слабом кипении над плиткой в колбе с обратным холодильником. После гидролиза раствор разбавляли в 3 раза и отфильтровывали от нерастворимых гуминов и остатка муки. Соляную кислоту удаляли многократным упариванием в фарфоровой чаше на водяной бане. Гидролизат трижды обессоливали 1%-ным солянокислым спиртом по методу Балига (Baliga et al., 1955). Следует иметь в виду, что при таком способе обессоливания происходят потери дикарбоновых кислот. После обессоливания гидролизат растворяли в 7—8 мл воды. Гидролиз сенной муки урожая 1964 г. проводили в двух повтор-

ностях, урожая 1965 г. — в трех. Определение аминокислот для каждого из гидролизатов проводили в 5—6 повторностях, разделение аминокислот — по методу, описанному выше.

Влияние внекорневых подкормок на содержание аминокислот в листьях и семенах растений сои

Так как ведение гидролиза в присутствии углеводов приводит к сильному образованию гуминов, нами проведено контрольное определение азота гуминов, потерь при обессоливании и азота, оставшегося в гидролизате (табл. 1).

Таблица 1
Баланс азотистых веществ при гидролизе сенной муки из листьев сои сорта Уссурийская 154 (1965 г.)

Вид подкормки		Общий азот в мл на абсолютно сухой вес					
		в навеске взятой на гидролиз	азот гуминов и потери при обессоливании	общий азот гидролизата	азот NH_3 в гидролизате	сумма 2, 3, 4, 5	баланс 1—5
Контроль	1	38,98	4,998	31,74	0,4704	37,208	+1,77
	2	37,45	5,946	30,87	0,5096	37,326	+0,12
	3	37,17	6,831	30,54	0,3360	37,707	—0,54
Селитра	1	45,04	5,082	39,01	0,3136	44,406	+0,63
	2	42,63	5,900	38,44	0,4704	44,810	—2,18
	3	42,59	5,862	34,73	0,5096	41,102	+1,49
Мочевина	1	48,00	4,692	39,42	0,1960	44,308	+3,60
	2	47,76	5,082	40,03	0,0980	45,210	+2,55
	3	48,32	5,712	41,48	0,1120	47,304	+1,01
Молибден	1	52,74	6,272	39,02	0,4480	45,740	+7,00
	2	53,25	5,096	39,18	0,6468	44,923	+3,38
	3	52,99	6,888	34,56	0,3360	41,984	+11,01

Анализируя данные табл. 1, мы видим, что процент гуминов и потерь при обессоливании в наших гидролизатах не высок. Сходимость по балансу азота достаточна. Результаты определения аминокислот представлены в табл. 2—7.

Из табл. 2 видно, что наибольшее действие на растения сои в 1964 г. оказала подкормка молибденом. При этом повысилось содержание почти всех аминокислот, за исключением серина, треонина, аланина, лейцина и пролина, количество которых осталось таким же, как и в контроле.

1964 г. характеризовался обильным выпадением осадков и переувлажнением почвы. В это время соя обычно испытывает острый недостаток элементов питания в доступной форме, поэтому подкормки должны давать хороший эффект. Во время переувлажнения обычно наблюдается резкая убыль нитратов в почве

Таблица 2

Содержание аминокислот в сенной муке из листьев сои
сорта Уссурийская 154 урожая 1964 г. (в % на абсолютно сухой вес)

Аминокислота	Контроль	Молибден	Молибден с фосфор.	Мочевина	Селитра
Лизин	1,38	1,77	1,35	1,38	0,96
Гистидин	0,30	0,53	0,30	0,28	0,28
Аргинин	0,66	0,79	0,80	0,55	0,64
Аспарагиновая кислота	1,49	1,63	1,52	1,52	1,60
Серин	1,01	1,04	1,03	0,95	0,88
Гликокол	0,49	0,56	0,38	0,54	0,60
Глютаминовая кислота	1,31	1,35	1,33	1,30	1,45
Треонин	1,10	1,10	1,08	1,03	1,10
Аланин	0,53	0,59	0,63	0,52	0,54
Аминомасляная кислота	0,65	0,59	0,77	0,77	0,57
Валин	1,99	2,40	2,32	1,97	2,30
Метионин	0,44	0,55	0,53	0,46	0,44
Фенилаланин	4,67	5,16	5,09	5,41	4,70
Лейцин	4,26	4,14	5,09	4,63	3,73
Тирозин	0,15	0,36	0,25	0,36	0,30
Пролин	0,37	0,41	0,39	0,35	0,36
Сумма	20,80	22,97	22,86	22,02	18,45

и неудивительно, что внесение молибдена оказалось эффективным. Снижение количества аминокислот при подкормке азотом, вероятно, объясняется погрешностями при проведении гидролиза, т. к. анализ табл. 3 и 4 дает несколько иную картину. В случае с аммиачной селитрой наблюдалось увеличение содержания дикарбоновых кислот в листьях сои. Возрастало содержание валина, но количество лейцинов и лизина снизилось. Подкормка молибденом привела к увеличению доли щелочных аминокислот, аспарагиновой кислоты и валина в белках листьев, в то время как внесение мочевины и молибдена с фосфором, видимо, оставляет белки листьев без изменения и влияет лишь на содержание азота в листьях.

При подкормках молибденом, мочевиной и селитрой доля белков в общем балансе азотистых веществ в листьях возрастает (табл. 2 и 3).

1965 г. характеризовался острым недостатком осадков в первую половину лета. При иссушении почвы тоже нарушается режим минерального питания, и соя опять-таки испытывает голодание. Кроме того, оптимальная температура для ее развития 22°. Среднемесячная температура в условиях Приморской опытной станции — 19°. В 1965 г. она была на 0,6° ниже нормы.

Опрыскивание фосфором привело лишь к увеличению содер-

Таблица 3

Содержание азота аминокислот в сеной муке из листьев сои сорта Уссурийская 154 урожая 1964 г.

Аминокислота	В % от общего азота гидролизата				
	контроль	молибден	молибден с фосфор.	мочевина	селитра
Лизин	4,85	5,95	4,55	5,22	3,60
Гистидин	1,34	2,16	1,23	1,23	1,24
Аргинин	4,39	4,83	4,88	3,75	4,31
Аспарагиновая кислота	4,08	5,51	4,22	4,46	5,86
Серин	3,76	3,80	2,73	3,60	3,32
Гликокол	2,18	2,30	1,55	2,47	2,75
Глютаминовая кислота	1,66	1,63	1,54	1,62	3,22
Треонин	5,10	3,13	2,73	3,00	3,20
Аланин	2,00	2,02	2,18	2,02	2,05
Аминомасляная кислота	1,95	1,61	2,11	2,37	1,74
Тирозин	0,29	0,61	0,42	0,69	0,58
Метионин	1,97	2,25	2,18	2,15	2,00
Валин	5,74	6,36	6,14	5,84	6,75
Фенилаланин	10,09	10,09	10,10	12,06	10,40
Лейцин	10,87	9,70	12,00	12,20	9,76
Сумма	58,27	62,15	59,29	62,76	60,77

Таблица 4

Содержание α -аминного азота аминокислот в сеной муке из листьев сои сорта Уссурийская 154 урожая 1964 г.

Аминокислота	В % от α -аминного азота гидролизата, принятого за 100%				
	контроль	молибден	молибден с фосфор.	мочевина	селитра
Лизин	4,82	6,27	4,82	4,92	3,61
Гистидин	0,89	1,60	0,87	0,78	0,82
Аргинин	2,19	2,54	2,59	1,79	2,14
Аспарагиновая кислота	8,06	11,51	8,95	8,37	11,66
Серин	7,47	7,98	5,80	6,84	6,62
Гликокол	4,32	4,83	3,30	4,65	5,47
Глютаминовая кислота	3,27	3,43	3,25	3,04	6,44
Треонин	6,15	6,57	5,87	5,58	6,36
Аланин	3,90	4,23	4,64	3,79	4,07
Аминомасляная кислота	3,87	3,37	4,49	4,46	3,47
Тирозин	0,57	1,30	0,88	1,29	1,15
Метионин	3,91	4,74	4,64	4,05	3,98
Валин	11,40	13,35	13,03	11,00	13,44
Фенилаланин	20,03	21,50	21,40	22,68	20,60
Лейцин	21,51	20,33	25,32	22,82	19,42
Сумма	102,36	113,55	109,85	106,06	109,25

жания аргинина, аминокислотной кислоты и лейцина, подкормка мочевиной — к увеличению количества фенилаланина в листьях сои. Селитра дала отрицательный эффект. Общее содержание аминокислот понизилось при опрыскивании ею с 20,80% до 18,45%.

Известно, что при недостатке тепла цветение и созревание сои запаздывает. В этих условиях действие удобрений, особенно молибдена, который в опытах ускорял развитие и созревание сои, должно быть эффективным. И действительно, из табл. 5—7 видно, что все удобрения, которыми подкармливали сою, дали эффект. Прежде всего, содержание аминокислот в листьях сои контрольного варианта было ниже в этом году, чем в 1964 г. (16,0 и 20,8 соответственно). При опрыскивании молибденом количество аминокислот возрастает до 24,0%, мочевиной — до 22,0% и селитрой — до 20,0%. Доля аминокислот в балансе азотистых веществ в листьях тоже возрастает под влиянием удобрений с 55,2% в контроле — до 75,0% в варианте с молибденом и 61,5% в варианте с селитрой.

Таблица 5

Таблица 5

Содержание аминокислот в сенной муке из листьев сои сорта Уссурийская 154 урожая 1965 г. (в % на абсолютно сухой вес)

Аминокислота	Контроль	Молибден	Мочевина	Селитра
Лизин	1,10±0,03	1,85±0,04	1,29±0,05	1,35±0,05
Гистидин	0,50±0,03	0,72±0,004	0,38±0,01	0,43±0,03
Аргинин	0,76±0,03	1,18±0,08	0,78±0,05	0,70±0,02
Аспарагиновая кислота	1,40±0,02	2,30±0,1	2,30±0,08	2,18±0,03
Серин	0,75±0,05	1,10±0,09	0,80±0,02	0,80±0,07
Гликокол	0,58±0,01	0,80±0,02	0,67±0,06	0,47±0,07
Глютаминовая кислота	0,90±0,02	1,12±0,02	1,04±0,03	1,06±0,03
Треонин	0,95±0,02	1,30±0,08	1,24±0,02	0,90±0,06
Аланин	0,50±0,05	1,00±0,02	0,60±0,03	0,66±0,003
Валин	1,60±0,10	2,25±0,04	2,29±0,14	2,97±0,06
Метионин	0,45±0,02	0,76±0,02	0,70±0,03	0,70±0,02
Фенилаланин	3,50±0,30	5,40±0,30	5,25±0,13	3,50±0,07
Лейцин	3,10±0,07	4,00±0,3	4,29±0,52	3,90±0,03
Тирозин	0,24±0,02	0,42±0,02	0,30±0,03	0,31±0,004
Сумма	16,00±0,80	24,00±0,1	22,00±1,0	20,0±0,5

В опыте с применением молибденового удобрения происходит достоверное повышение содержания следующих аминокислот (в пересчете на общий азот гидролизата): лизина, гистидина, аргинина, аспарагиновой кислоты, гликокола, метионина, лейцина. С достоверностью до 90% возрастает содержание серина и фенилаланина.

Таблица 6

Содержание азота аминокислот в сеной муке из листьев сои сорта Уссурийская 154 урожая 1965 г. (в % от общего азота гидролизата, принятого за 100%)

Аминокислота	Контроль	Молибден	Мочевина	Селитра
Лизин	4,8±0,24	6,7±0,13	4,4±0,18	5,0±0,15
Гистидин	2,1±0,14	3,1±0,01	1,6±0,03	2,0±0,11
Аргинин	4,9±0,36	7,5±0,11	5,0±0,35	4,8±0,21
Аспарагиновая кислота	4,6±0,10	5,8±0,24	5,6±0,17	6,0±0,20
Серин	2,6±0,22	3,5±0,37	2,6±0,12	2,5±0,09
Гликокол	2,4±0,22	3,6±0,10	2,9±0,21	2,4±0,08
Глутаминовая кислота	2,5±0,06	2,5±0,05	2,3±0,06	2,5±0,08
Треонин	2,8±0,27	3,5±0,23	3,3±0,02	3,2±0,12
Аланин	2,9±0,11	3,8±0,13	2,2±0,11	2,6±0,11
Аминомасляная кислота	—	0,9±0,07	0,9±0,03	1,4±0,02
Тирозин	0,7±0,07	0,8±0,04	0,6±0,05	0,6±0,03
Метионин	1,1±0,02	1,7±0,03	1,5±0,07	1,6±0,05
Валин	6,3±0,22	6,4±0,10	6,3±0,42	8,9±0,51
Фенилаланин	9,0±0,24	10,8±0,64	10,1±0,42	7,6±0,20
Лейцин	8,5±0,22	10,4±0,19	9,8±0,46	10,4±0,84
Сумма	55,2±2,49	75,0±2,44	59,0±2,68	61,5±2,80

Таблица 7

Содержание α-аминного азота в сеной муке из листьев сои сорта Уссурийская 154 урожая 1965 г. (в % от α-аминного азота гидролизата)

Аминокислота	Контроль	Молибден	Мочевина	Селитра
Лизин	4,7±0,23	5,5±0,10	4,2±0,02	4,8±0,14
Гистидин	1,4±0,08	1,7±0,05	1,0±0,01	1,2±0,09
Аргинин	2,5±0,16	2,9±0,25	2,3±0,14	2,2±0,17
Аспарагиновая кислота	9,5±0,58	9,5±0,09	10,4±0,29	11,2±0,18
Серин	5,7±0,45	5,8±0,60	4,8±0,10	5,0±0,14
Гликокол	5,7±0,19	5,9±0,18	5,5±0,36	4,6±0,13
Глутаминовая кислота	5,1±0,18	4,1±0,04	4,2±0,04	4,6±0,17
Треонин	5,8±0,47	5,7±0,24	6,2±0,22	4,8±0,34
Аланин	6,0±0,18	6,2±0,24	4,0±0,18	4,8±0,02
Аминомасляная кислота	—	1,6±0,06	—	2,7±0,05
Тирозин	1,4±0,18	1,3±0,07	1,1±0,13	1,1±0,01
Метионин	2,2±0,03	2,8±0,15	2,8±0,07	3,0±0,18
Валин	12,8±0,41	10,6±0,51	11,7±0,72	16,8±0,36
Фенилаланин	19,0±0,86	17,7±0,50	16,8±0,41	14,1±0,26
Лейцин	18,3±0,75	17,0±0,27	18,3±0,51	19,4±0,43
Сумма	100,1±4,75	98,3±3,35	95,3±3,20	100,3±2,67

При подкармливании мочевиной достоверно возрастает содержание аспарагиновой кислоты, метионина, фенилаланина, а количество гистидина и аланина падает. С достоверностью 90% повышается количество азота (в процентах к общему азоту гидролизата).

При воздействии на растение сои селитры возрастает количество азота аспарагиновой кислоты, валина, лейцина, а фенилаланина уменьшается.

Пересчитывая данные анализа на содержание аминного азота в гидролизате, мы получили следующие результаты: под влиянием молибдена растет содержание аминного азота гистидина, глютаминовой кислоты, метионина, валина; действие мочевины привело к увеличению количества метионина и снижению содержания гистидина, глютаминовой кислоты и аланина; опрыскивание растений сои увеличило количества аминного азота аргинина, метионина, валина, а гликокола, аланина и фенилаланина — снизило.

Таким образом, внекорневые подкормки азотом и молибденом повлияли в 1965 г. и на содержание азота, и на содержание аминокислот в листьях сои в более сильной степени, чем в 1964 г. Это лишний раз подтверждает, что растения сои хуже переносят засуху, чем переувлажнение.

Итак, внекорневые подкормки молибденом и азотом увеличивают содержание общего азота и аминокислот в листьях сои и могут служить таким агротехническим приемом, благодаря которому мы получим больше белка для сельского хозяйства. Влияние подкормок на содержание аминокислот в листьях сильнее сказалось в засушливый год, чем в год, когда почва была переувлажнена. Это лишний раз, по-видимому, подтверждает мнение тех исследователей, которые считают сою влаголюбивой культурой.

Влияние подкормок молибденом и азотом на белки семян сои и их аминокислотный состав

Характеристика выделенных белков представлена в табл. 8 и 9. Содержание азота в препаратах белка составляет 15,48—17,24%, что указывает на достаточную чистоту выделенных белков. Количество фосфора в белковых препаратах при подкормке растений сои молибденом возрастает. Следует отметить, что двойная подкормка сои молибденом не приводит к такому эффекту. В образцах белка семян урожая 1965 г. под влиянием подкормки молибденом несколько возросло количество цистина. Это очень интересный факт, указывающий на то, что под влиянием условий возделывания количество аминокислот, ограничивающих пищевую ценность соевого белка, может быть изменено. Правда, в 1964 г. подкормка молибденом не дала такого

эффекта. Содержание тирозина и триптофана при покормливания растений молибденом несколько падает. Содержание других аминокислот в белках остается примерно таким же (табл. 10 и 11). Сильно понижается лишь количество лейцинов.

Таблица 8
Влияние внекорневой подкормки молибденом на белки сои
сорта Приморская 529

Год урожаея	Вид подкормки	Содержание белка на абсолютно сухой вес, %					
		азота	фос- фора	зола	цистина	тиро- зина	трипто- фана
1964	Контроль	17,24	0,46	0,41	1,31	5,14	2,76
	Внекорневая подкормка	16,58	0,53	0,85	1,35	4,28	2,58
	Внекорневая подкормка + обработка семян	16,09	0,23	1,00	1,24	4,44	2,23
	Контроль	16,25	0,37	1,30	1,00	5,49	3,28
1965	Обработка семян	15,48	0,43	0,71	1,17	5,07	2,69
	Внекорневая подкормка	16,52	0,60	1,07	1,21	4,48	2,58
	Внекорневая подкормка семян + обработка их	15,63	0,40	0,63	1,36	4,98	2,23

Таблица 9
Влияние подкормки молибденом и азотом на белки сои
сорта Салют 216 урожая 1965 г.

Вид подкормки	Содержание белка на абсолютно сухой вес, %					
	азота	фосфора	зола	цистина	тиро- зина	трипто- фана
Контроль	15,77	0,44	0,78	1,11	5,01	2,99
Обработка семян молибденом	15,86	0,50	1,33	1,42	4,93	2,93
Внекорневая подкормка азотом	16,48	0,43	1,03	1,41	4,54	3,11

Подкормка азотом растений сои сорта Салют 216 привела к повышению содержания аргинина и аспарагиновой кислоты. Очевидно, эти аминокислоты — наиболее лабильны. Возможно, различия в содержании аминокислот в суммарных белках трудно выявить потому, что смешивание их нивелирует эти различия. Известно, что подкормка растений сои молибденом повышает со-

Таблица 10

Влияние подкормки молибденом на содержание аминокислот в белках семян сорго
Приморская 529 (в % на абсолютно сухой вес) при различных способах применения

Аминокислота	Контроль	Обработка семян Мо	Обработка и вне- корневая подкормка Мо	Контроль	Обработка Мо	Внекорневая подкормка Мо	Обработка семян и вне- корневая под- кормка Мо
Цистин	1,3±0,03	1,4±0,06	1,2±0,02	1,0±0,09	1,2±0,01	1,2±0,06	1,4±0,07
Лизин	5,4±0,08	6,5±0,07	6,4±0,08	5,6±0,20	6,5±0,10	6,4±0,10	6,8±0,06
Гистидин	2,1±0,07	2,4±0,07	2,5±0,06	2,1±0,06	2,4±0,09	2,5±0,08	2,5±0,09
Аргинин	8,1±0,08	8,5±0,10	8,9±0,09	8,5±0,08	8,9±0,10	8,7±0,06	9,0±0,07
Аспарагиновая к-та	10,0±0,20	8,8±0,20	8,4±0,09	9,6±0,20	8,7±0,10	8,5±0,10	8,5±0,10
Серин	4,2±0,06	4,0±0,10	4,2±0,04	3,6±0,10	3,9±0,04	4,1±0,02	4,2±0,04
Гликокол	4,1±0,06	3,8±0,05	4,2±0,07	4,2±0,06	3,9±0,07	4,1±0,06	4,1±0,06
Глутаминовая к-та	10,7±0,10	10,2±0,10	10,2±0,07	11,7±0,20	10,7±0,10	11,0±0,30	10,9±0,30
Треонин	5,1±0,07	5,0±0,06	5,0±0,20	5,0±0,20	5,1±0,20	5,2±0,04	5,1±0,20
Аланин	4,3±0,07	4,2±0,06	4,3±0,10	4,2±0,10	4,1±0,20	4,3±0,20	4,3±0,03
Валин	7,6±0,10	7,9±0,20	7,8±0,09	7,7±0,20	7,9±0,20	7,7±0,30	7,8±0,08
Фенилаланин	5,2±0,30	5,6±0,07	5,3±0,20	5,4±0,20	5,6±0,20	5,4±0,20	5,4±0,10
Лейцины	19,0±0,20	17,5±0,20	17,5±0,20	19,2±0,40	17,5±0,30	17,9±0,50	17,3±0,30
Тирозин	5,5±0,20	4,3±0,04	4,4±0,02	5,6±0,10	5,0±0,04	4,5±0,04	4,8±0,20
Триптофан	2,7±0,06	2,8±0,04	2,5±0,02	3,3±0,09	2,7±0,01	2,6±0,05	2,2±0,01
Метионин	1,8±0,04	2,0±0,05	2,0±0,04	1,7±0,04	1,9±0,03	1,6±0,02	2,0±0,03
Сумма	97,1±1,75	94,9±1,47	94,8±1,39	98,4±2,32	96,0±1,79	95,7±2,13	96,3±1,74

Таблица 11

Влияние обработки семян молибденом и подкормки азотом на содержание аминокислот в белках семян сои сорта Салют 216 урожая 1965 года
(в % на абсолютно сухой вес)

Аминокислота	Вид подкормки		
	контроль	обработка семян Мо	подкормка азотом
Цистин	1,11	1,41	1,41
Лизин + орнитин	8,20	8,40	8,56
Гистидин	2,46	2,00	2,32
Аргинин	6,84	5,97	8,31
Аспарагиновая кислота	7,64	7,31	8,31
Серин	3,20	3,44	3,49
Гликокол	3,85	3,03	3,21
Глутаминовая кислота	10,53	3,86	9,95
Треонин	4,60	4,75	4,81
Аланин	3,58	2,89	2,39
Тирозин	4,98	4,93	4,54
Метионин	2,43	2,29	2,10
Валин	7,74	7,53	7,09
Фенилаланин + + неидент. кислота	18,06	13,81	14,76
Лейцин	19,01	21,03	17,39
Триптофан	2,82	2,93	3,11
Пролин	4,00	3,95	3,36

держание белка в растениях. Уже только этот факт представляет интерес, потому что приводит к повышению питательной ценности.

Обработка растений сои молибденом приводит к повышению доли альбуминов среди белков (табл. 12 и 13) — наиболее ценной части соевых белков. Это повышение происходит за счет глобулинов, количество которых снижается почти на 10%. Правда, содержание глютенинов и азота остатка в опытах 1964 г. тоже несколько возрастало, но в 1965 г. оно оставалось примерно на том же уровне. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что двойная обработка растений сои молибденом снижает эффективность его действия. Такая закономерность прослежена на всех изученных нами показателях.

Таким образом, внекорневая подкормка растений сои молибденом и азотом оказывает положительное действие на биологическую и пищевую ценность соевых белков. Аминокислотный состав их практически не меняется, но возрастает количество белка в семенах, а среди самих белков увеличивается доля наиболее ценных в пищевом отношении альбуминов. Кроме того, возможно, вследствие активизации ферментативных процессов растения

Таблица 12

Влияние подкормок молибденом на содержание различных форм азота в обезжиренной муке из семян сои сорта Приморская 529 (в % от общего азота)

Год урожая	Вид подкормки	Водорастворимый			Солерастворимый	Щелоче- раствори- мый	Азот остатка	Сумма извлекаемого азота	Сумма извлекаемого азота + азот остат.
		общий	белковый	небелковый					
1964	Контроль	66,9	57,1	9,8	12,1	9,4	8,1	91,5	99,6
	Внекорневая подкормка	64,7	53,5	11,2	12,0	12,0	10,8	88,7	99,6
	Внекорневая подкормка и обработка семян	69,3	57,7	11,8	7,4	11,3	11,5	88,0	99,5
	Контроль	61,8	51,7	10,1	17,0	11,2	9,2	90,0	99,2
1965	Обработка семян	65,3	55,0	10,3	11,4	11,4	11,2	88,1	99,3
	Внекорневая подкормка	64,1	53,1	11,0	10,0	12,6	9,0	86,7	95,7
	Внекорневая подкормка семян и их обработка	64,2	54,4	9,8	12,2	10,4	11,5	86,8	98,3

Таблица 13

Влияние подкормок молибденом на содержание различных типов белков обезжиренной муки из семян сои сорта Приморская 529 (азот соответствующего белка в % от общего азота муки)

Год урожая	Вид подкормки	Солерастворимый азот			Азот глютелинов	Азот остатка	Сумма извлекаемого белка	Азот небелковый и потери
		общий	альбуминов	глобулинов				
1964	Контроль	72,3	7,5	48,4	16,5	11,2	88,8	15,4
	Внекорневая подкормка	68,4	9,8	40,4	18,4	13,2	86,8	18,8
	Внекорневая подкормка и обработка семян	66,5	9,6	37,3	19,9	13,6	86,4	19,6
	Контроль	69,6	6,8	49,3	18,3	12,1	87,9	13,5
1965	Обработка семян	69,4	8,7	44,5	17,9	12,7	87,3	16,2
	Внекорневая подкормка	69,4	9,4	44,2	17,5	13,1	86,9	15,8
	Внекорневая подкормка и обработка семян	68,4	10,5	41,6	19,1	12,5	87,5	16,3

сои, подкормленные молибденом, быстрее заканчивают свой вегетационный период и успевают вызреть до заморозков. Это тоже способствует получению соевого зерна лучшего качества.

ЛИТЕРАТУРА

- Абуталымов М. и А. Самедова, 1964. Влияние микроэлементов на накопление аминокислот в листьях пшеницы и фасоли. В сб.: Теоретические основы регулирования минерального питания растений. М., Изд. «Наука».
- Авдонин А. С. и И. Г. Аренис, 1966. Влияние молибдена на биохимические процессы в растениях и на качество растительной продукции. «Агрохимия», № 3.
- Арнон Д., 1962. Роль микроэлементов в питании растений. В сб.: Микроэлементы. М., ИЛ.
- Бейли Дж., 1965. Методы химии белков. М., ИЛ.
- Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на урожай и химический состав зерна сои в условиях Приморского края. Труды ДВ филиала АН СССР, сер. растениевод., № 1.
- Беликов И. Ф., 1955. О движении и распределении продуктов фотосинтеза у сои в период вегетации. «Физиология раст.», т. 2, № 4.
- Беликов И. Ф., В. В. Ключкин, Л. М. Мойсейченко, 1968. Технологическая оценка семян сои в зависимости от степени их зрелости. «Маслободно-жировая промышленность», № 2.
- Беликов И. Ф., Е. Я. Неделько, 1953. Ход биохимических процессов в сое при послеуборочном дозревании в зависимости от сроков уборки. Сообщ. Прим. отд. ВХО им. Д. И. Менделеева, № 3.
- Беликов И. Ф. и Е. Я. Неделько, 1956. Биохимическая характеристика амурских сортов сои. «Маслободно-жировая промышленность», № 2.
- Беликов И. Ф. и Е. Я. Неделько, 1956а. Изменение химического состава семян сои при созревании в условиях Приморья. В сб.: Биохимия зерна, т. 4.
- Беликов И. Ф. и И. Г. Ткаченко, 1961. Соя в Приморском крае. Владивосток.
- Беликов И. Ф., А. И. Чуб, Л. А. Андреева, П. К. Сидоренко, 1965. Внекорневая подкормка сои. «Зернобобовые культуры», № 2.
- Бояркин А. Н., 1956. Разноцветное проявление аминокислот на бумажных хроматограммах. «Физиология раст.», т. 3, № 4.
- Бурлака В. В., 1964. Развитие клубеньков на корнях сои при различной влажности почвы. В сб.: Сельскохозяйственная информация научных учреждений Дальнего Востока.
- Бурлака В. В., В. П. Басистый, Н. А. Дейнецкая, 1964. Азотно-фосфорное питание и удобрение сои на переувлажненных почвах. В сб.: Сельскохозяйственная информация научных учреждений Дальнего Востока.
- Выхрестюк Н. П. и А. И. Чуб, 1967. Влияние молибдена на качество соевой сеной муки. В сб.: Рефераты Всесоюзного совещания по вопросам биологии и возделывания сои в Советском Союзе. Владивосток.
- Голубева С. Е., 1963. Влияние минерального удобрения и различной влажности на эффективность внекорневых подкормок кукурузы и картофеля. Труды Харьковского с.-х. ин-та, Киев.
- Грицун А. Т., 1952. Система удобрений в травопольных севооборотах Приморского края. Труды ДВ филиала АН СССР, сер. растениевод., 1.
- Грицун А. Т., 1958. К вопросу о потребностях сои в основных элементах питания и условиях эффективного использования минеральных удобрений. Бюллетень научно-технической информации ДВ НИИСХ, № 5.
- Грицун А. Т., 1958. Эффективность применения минеральных удобрений под сою. «Земледелие», № 4.

Грицун А. Т., 1964. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток.

Грицун А. Т., 1965. Соя в Приморском крае. Владивосток.

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

Добрикova А. Н., 1958. Аминокислотный состав семян сои Приморского края. В сб.: Биохимия зерна, т. 4.

Догис И. К., 1956. Исследования по изучению влияния микроэлементов на урожай некоторых сельскохозяйственных культур. В сб.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига.

Енкен В. Б., 1959. Соя. Сельхозгиз.

Зайцева Г. Н. и Н. П. Тюленева, 1958. Количественное определение аминокислот на хроматограммах посредством определения медных производных с нингидрином. «Лабораторное дело», № 3.

Золотницкий В. А., 1962. Соя на Дальнем Востоке. Хабаровск.

Иванов Г. И., 1954. Почвы Приморского края. Владивосток.

Иконникова М. И., 1965. Биохимическое изучение зерновых бобовых культур в связи с проблемой растительного белка. (автореферат на соиск. уч. степ. докт. биол. наук), Л.

Килер Р. и Д. Варнер, 1965. Обмен вольфрамата и молибдена у *Azotobacter*. В сб.: Микроэлементы. М., ИЛ.

Клименко В. Г., 1956. Формы азота и серы белка зерна бобовых растений. Ученые записки Кишин. Гос. ун-та, т. 23, № 3.

Клименко В. Г., 1964. О природе глютелинов семян бобовых и других растений. Тезисы докл. второй Всесоюз. межвузов. отчетно-координац. конф. по химии прир. соединений, 36. Ташкент.

Клименко В. Г. и А. Д. Березовиков, 1963. Превращение белков и небелковых азотсодержащих веществ при созревании кормовых бобов (*Vicia faba*). «Биохимия», 28.

Клименко В. Г. и Г. В. Леонов, 1967. Влияние фазы созревания и растворителей на белки семян нута. ДАН СССР, 1.

Клименко В. Г. и Л. С. Павлова, 1965. Изменение содержания белков в органах некоторых видов чины в онтогенезе. Труды по химии прир. соед., т. 6. Кишинев.

Клименко В. Г. и Р. И. Пинегина, 1964. Изменчивость белков семян гороха при созревании. «Биохимия», т. 29, № 3.

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

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

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

Лукашук Н. А., Е. Е. Колодзева, З. Ф. Табакова, Л. В. Григорьева, 1965. Аминокислотный состав протенина злаков, бобовых и некоторых кормовых трав. Изв. ТСХА, № 1.

Луковникова Г. А., 1955. Влияние минерального питания на содержание азотистых веществ и крахмала у картофеля. «Биохимия плодов и овощей», № 3.

Люкова А. А. и В. Л. Дудник, 1964. Влияние молибдена на азотистый обмен у кукурузы. В сб.: Теоретич. основы регул. минер. питания. М., Изд. «Наука».

Магницкий К. П., Ю. А. Шугаров, В. К. Малков, 1959. Новые методы анализа растений и почв. М., Сельхозгиз.

Малыш А. К., 1955. Возделывание кормовой сои в Приамурье. В кн.: Вопросы развития сельского хозяйства Приамурья. Благовещенск.

Минина Е. И., 1960. К вопросу о физиологической роли молибдена в растениях. ДАН СССР, т. 130, № 2.

Мосолов И. В., 1936. Влияние азота, фосфора и калия на образование

белка, жира и углеводов в зерне сои. «Химизация социалистического земледелия», № 9.

Новак А. Г., Соя Дальнего Востока. Владивосток.

Новак А. Г., 1964. Возделывание сои. М.

Пейве Я. В., 1960. Микроэлементы и ферменты. Рига.

Пейве Я. В., 1955. Роль микроэлементов в питании растений и животных. М., Изд. АН СССР.

Пейве Я. В., 1961. Роль микроэлементов в обмене веществ и повышении продуктивности сельскохозяйственных культур. Изв. АН СССР, сер. биол., № 6.

Пейве Я. В., 1963. Руководство по применению микроудобрений. М.

Пейве Я. В., Г. Я. Жизневская, Б. А. Ягодин, П. И. Дубово, 1965. Изучение активности дегидрогеназ в клубеньках кормовых бобов в связи с проблемой участия микроэлементов в азотофиксации. В сб.: Вторая биохим. конференция. Прибалт. респуб. и Белорусск. ССР. Рига. Изд. «Знание».

Плешков Б. П., 1964. О стабильности аминокислотного состава растительных белков. Докл. ТСХА, вып. 99.

Плешков Б. П., 1964. Удобрение и аминокислотный состав растительных белков. Вестник с.-х. науки, № 10.

Плешков Б. П., М. Иванко, Г. В. Антонова, 1957. Влияние условий питания на содержание свободных аминокислот в листьях фасоли. ДАН СССР. Т. 117, № 6.

Плешков Б. П., Л. Фоуден, 1959. Содержание свободных аминокислот и аминокислотный состав белков листьев ячменя в зависимости от условий минерального питания и возраста растений. Изв. ТСХА, № 5.

Плешков Б. П., Г. В. Шмырева, Ш. Иваненко, 1959. Изменение содержания свободных аминокислот в листьях и корнях кукурузы в зависимости от условий питания растений. «Физиология раст.», т. 6, № 6.

Починок Х. М., Б. И. Бернштейн, 1956. Колориметрический индигриновый метод определения аминокислотного азота в растениях. Укр. биохим. ж., т. 28, № 3.

Прокуменщикова Л. Т., 1967. Влияние молибдена на физиолого-биохимические показатели и урожай сои на лугово-бурых почвах Приморского края. Автореферат на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Иркутск.

Ратнер Е. И., 1964. Молибден и проблема биологического азота в земледелии. Изв. АН СССР, сер. биол., № 2.

Ратнер Е. И., Г. В. Барнинов, 1959. Особенности поступления питательных веществ через листья при внекорневой подкормке растений. «Физиология растений», № 3.

Рубин Б. А., 1961. Физиология растений. М.

Сидоренко П. К., 1966. Некорневая подкормка сои в условиях Приморского края. Диссерт. на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук, Уссурийск.

Смирнова-Иконникова М. И., 1952. Характеристика растительных ресурсов зерновых и бобовых культур по количественному и качественному составу белка. В сб.: Белки в промышленности и сельском хозяйстве. М.

Собачкин А. А., 1958. Влияние молибдена на синтез амидов и аминокислот в растениях. Докл. ТСХА, т. 34, № 55.

Спенс Дж., 1965. К изучению биологической роли молибдена в растениях. «Сельское хозяйство за рубежом», № 6.

Стюард и Дж. Томпсон, 1958. Белки и белковый обмен в растениях. В кн.: Белки, т. 3, ч. 1.

Товарицкий В. И., 1935. К вопросу о биохимических признаках сортов сои. В сб.: Труды ВНИИ зернобобовых культур, т. IV.

Чемоданова Э. И., 1962. Физиологическое значение молибдена для бобовых растений. В кн.: Сб. трудов, посвященный XX фармацевт. фак-та. Томского мединститута. Томск.

Шереверя Н. И., 1956. О взаимосвязи между внекорневым и корне-

вым питанием растений. Авторсферат на соиск. уч. степ. канд. биол. наук, Харьков.

Шконде Э. И., 1957. Роль сои в накоплении азота почвы. «Удобрение и урожай», № 1.

Шуровская В. Я., 1960. Влияние молибдена на урожай и качество гороха в условиях Латвийской ССР. Автореферат на соиск. уч. степ. канд. биол. наук, Рига.

Яковлева В. В., 1955. О внекорневой подкормке растений бором. В кн.: Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений. М., Сельхозгиз.

Anderson A. A., 1956. Molybdenum Deficiencies in Legumes in Australia Soil Sci., 81, 3.

Anke M. a. K. Gruhn, 1962. Der Einfluss des Molibdans auf die Zusammen Setzung der Pflanzen. Z. landwirtsch. Versuchund Untersuchungs-wesen, 8, 4, 321—330.

Baliga B. K., K. Krishwamurthy, 1955. A Simple Method for Desalting Biological Fluids for Chromatography. J. Ind. Inst. sci., 37.

Bode F., 1955. Eine Vereinvachung und Verbesserung der Methode zur quantitativen Bestimmung von Aminosäuren und Peptiden des Ninhydrin Kupfer Komplex. Biochem. Zeitschr. B. d. 326, 433.

Catter Y. a. C. Hartwig, 1963. The Soybeans. Acad. Press, US.
Mc Carty a. M. A. Sullivan, 1941. A New and Highly Specific Colorimetric Test for Methionine. J. Biol. Chem., 141, 871.

Folin O. a. A. Marenzi, 1929. Improved Colorimetric Method for the Determination of Cystine in Proteins. J. Biol. Chem, 83, 16, 163.

Giri K. V., A. N. Radhakrishnan a. C. S. Vaydianathan, 1953. The Quantitative Determination of Amino Acids. J. Ind. Inst. Sci., 35, 2, 145.

Lewy T. L. a. B. A. Barber, 1963. A Relationship Between the Yield Response of Soybean to Molybdenum Content of the Produce. Agron. J., 55, 2.

Moore S. a. W. H. Stein, 1954. Procedures for the Chromatografic Determination of Amino Acids on Four per cents Cross-Linked Sulfonated Polystyrene Resins. J. Biol. Chem., 211, 2, 893.

Mulder E. G., 1948. Importance of Molybdenum in the Nitrogen Metabolism of Microorganisms and Higher Plants. Plant a. Soil 1, 1, 368—415.

Parker M. B. a. H. B. Harris, 1962. Soybean Response to Molybdenum and Lime and the Relationship Between Yield and Chemical Composition. Agron. J., 54, 6, 480—483.

Possingham J. V., 1956. The Effect of Mineral Nutrition on the Free Amino Acids and Amides in Tomato Plants. 1. A Comparision of the Effects of Deficiencies of Copper, Zink, Manganese, Iron and Molybdenum. Austr. J. Biol. Sci., 9, 4.

Possingham J. V., 1957. The Effect of Mineral Nutrition an the Content of Free Amino Acids and Amides in Tomato Plants. 2. A Stady of the Effect of Molybdenum Nutrition. Austr. J. Biol. Sci., 10, 1, 40—49.

Pozsar B., 1965. Effect of Molybdenum on the Synthesis of Nucleic Acid in Soybean Leaves. Acta Agron. Acad. Sci. Hung., 14, 3—4.

Rao N. A. N. a. T. K. Wadhvani, 1954. Resolution of Mixture of Amino Acids by Circular Paper Chromatography. Current Sci., 23, 11, 359.

Reindal F. a. W. Hoppe, 1953. Eine Verbesserung bei der Veränderung der Papierbreifenformen durch eine Papierchromatogra phie Methode. Naturwissenschaften, 40, 8, 245.

Spies J. a. D. Chambers, 1949. Chemical Determination of Tryptophan in Proteins. Anal. Chem., 21, 1249.

Steinberg R. A., 1937. Role of Molybdenum in the Utilisation of Ammonium and Nitrate Nitrogen by *Aspergillus niger*. J. Agric. Res., 55, 12.

Steward F. C. a. D. Margolis, 1962. The Effect of Molybdenum upon the Free Amino Acids and Amides of the Tomato Plants «Conbirs Boyce». Thompson Inst., 21, 6, 411—421.

ГЛАВА VII

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА РАЗВИТИЕ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ СОИ

Соя во всех районах ее произрастания поражается различными грибными заболеваниями. Ржавая пятнистость, аскохитоз, церкоспороз, пероноспороз и оливковая пятнистость распространены во всех районах возделывания этой культуры. Выяснено, что самым эффективным и наиболее экономичным способом в борьбе с болезнями является повышение устойчивости сортов сои.

За последние годы в условиях Дальнего Востока широко применяются внекорневые подкормки сои суперфосфатом, молибденом, бором и другими микроэлементами. В результате проведенных исследований установлено, что внекорневые подкормки оказывают положительное влияние на процесс образования клубеньков на корнях, масла — в семенах, а также повышают урожай сои на 13% и больше.

Целью наших исследований явилось выяснение влияния внекорневых подкормок на устойчивость сои к грибным заболеваниям. Мы учитывали проявления болезней в опытах по внекорневому питанию сои в Амурской области и в Приморском крае.

На Амурской сельскохозяйственной опытной станции учет проводился на двух агрофонах: неудобренном и высокоудобренном. Испытывали сорт сои «Салют» 216. Растения подкармливали суперфосфатом из расчета 1 ц/га: суперфосфат + молибден и суперфосфат + молибден + бор. На каждом агрофоне был контроль без подкормки.

Внекорневую подкормку проводили в два срока: в период цветения и в начале бобообразования. Процент поражения растений и степень развития заболеваний учитывали по пятибальной шкале (Гунина и Михайленко, 1964). Шкала поражения в баллах: 0 — полное отсутствие болезни, 1 — слабое поражение (пятна занимают не более 5% листовой поверхности растения), 2 — пятна занимают до 25% листовой поверхности растения, 3 — пятна занимают до 50%, 4 — пятна занимают до 75% листовой

поверхности куста, 5 — сильное поражение, все листья покрыты пятнами, листья усыхают и опадают.

Степень развития каждого заболевания в отдельности высчитывали по следующей формуле: $X = \frac{\Sigma (a \cdot b) \cdot 100}{K + 5}$, где X — развитие болезни в процентах; Σ — сумма произведений ($a \cdot b$); a — число пораженных растений; b — балл поражения; $a \cdot b$ — произведение числа пораженных растений на соответствующий балл; K — общее количество учетных растений (здоровых и больных); 5 — высший балл шкалы.

Для получения более точных данных на каждой учетной деланке просматривали 100 растений, по 10 шт. в 10 местах. Первый учет на опытных деланках проведен через 14 дней после внекорневой подкормки (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Проявление болезней при внекорневой подкормке сои, проведенной в период цветения (фон неудобренный), %

Болезнь	Вариант опыта							
	суперфосфат		суперфосфат + молибден		суперфосфат + молибден +		контроль	
	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни
Ржавая пятнистость	100	60	100	58	100	55	100	80
Церкоспороз	2,4	0,6	1,4	0,4	1,4	0,4	10	3
Аскохитоз	—	—	—	—	—	—	0,4	0,2
Оливковая пятнистость	—	—	—	—	—	—	2	0,8
Пероноспороз	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2

Проявление болезней при внекорневой подкормке сои, проведенной в период цветения (фон высокоудобренный), %

Болезнь	Вариант опыта							
	суперфосфат		суперфосфат + молибден		суперфосфат + молибден +		контроль	
	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни
Ржавая пятнистость	100	60	100	40	100	40	100	80
Церкоспороз	6	1,3	4,5	0,9	4	0,8	15	6
Аскохитоз	—	—	—	—	—	—	0,8	0,5
Филlostиктоз	—	—	—	—	—	—	8	3
Пероноспороз	2,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,3	3,2	2,2

Из табл. 1 видно, что в контроле отмечено больше возбудителей болезней, чем на делянках с внекорневой подкормкой. На высокоудобренном фоне (табл. 2) процент и степень развития болезней выше, чем на неудобренном; кроме того, здесь отмечен пероноспороз (мучнистая роса), проявление которого объясняем сильной вегетативной массой сои, нежностью растений и плохой проветриваемостью рядов.

На этих же агрофонах, но на других делянках, внекорневую подкормку проводили в период начала бобообразования (табл. 3—4).

Таблица 3

Проявление болезней при внекорневой подкормке в период бобообразования (фон неудобренный), %

Болезнь	Вариант опыта							
	суперфосфат		суперфосфат + молибден		суперфосфат + молибден +		контроль	
	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни
Ржавая пятнистость	100	80	100	80	100	80	100	95
Церкоспороз	100	80	100	80	100	75	100	80
Аскохитоз	25	18	30	18	25	15	20	13
Оливковая пятнистость	25	15	30	15	30	18	38	15
Белая гниль	5	4	1,5	0,6	10	4	2	0,7
Альтернариоз	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 4

Проявление болезней при внекорневой подкормке, проведенной в период бобообразования (фон высокоудобрен), %

Болезнь	Вариант опыта							
	суперфосфат		суперфосфат + молибден		суперфосфат + молибден +		контроль	
	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни	пораж. раст.	степень разв. болезни
Церкоспороз	100	80	92	60	100	60	100	80
Ржавая пятнистость	100	80	100	100	100	100	100	100
Оливковая пятнистость			пятна	выпавшие			38	15
Аскохитоз	16	20	16	40	33	40	32	33
Альтернариоз	—	—	—	—	—	—	5	12
Белая гниль	5	20	5	20	5	20	11	20

Из табл. 3—4 видно, что подкормка в период бобообразования не дала желаемого эффекта. Видовой состав возбудителей болезней увеличился, а процент пораженных растений и степень развития заболеваний были одинаковыми с контролем. Особенно заметно было поражение растений белой гнилью.

В период уборки урожая на опытных делянках нами проведен учет болезней на бобах сои (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Влияние внекорневой подкормки сои на пораженность бобов
грибными болезнями (фон неудобренный), %

Время подкормки растений	Вариант опыта	Всего бобов	Кол-во бобов, пораженных грибными болезнями	Поражено всего	Из них				
					церкоспорозом	фузариозом	аскохитозом	белой гнилью	альтернариозом
Цветение	Контроль	1510	25	1,7	1,5	—	0,1	—	0,07
	P	1858	28	1,7	1,2	—	0,4	—	—
	PMo	1991	30	1,5	1,4	0,06	0,1	—	—
	PMo+V	1858	53	2,9	2,4	0,05	0,4	—	—
Начало бобообразования	P	1761	21	1,2	0,9	—	0,2	0,06	—
	PMo	1634	21	1,3	1,1	0,06	0,1	0,06	—
	PMo+V	1789	37	2,1	1,7	0,1	0,2	—	—
Налив	P	1685	17	1,1	0,7	—	0,2	0,1	—
	PMo	1626	42	2,6	1,8	0,1	0,4	0,06	—
	PMo+V	1878	43	2,3	1,9	0,05	0,3	—	—

Таблица 6

Влияние внекорневой подкормки сои на пораженность бобов
грибными болезнями, фон (удобренный $N_{60}P_{90}K_{60}$), %

Время подкормки растения	Вариант опыта	Всего бобов в пробе	Кол-во бобов, пораж. гриб. болезнями	Процент пораженных	церкоспорозом	аскохитозом	белой гнилью	фузариозом	альтернариозом
Цветение	Контроль	1648	30	1,8	1,03	0,7	0,06	—	0,1
	P	1924	63	3,3	2,3	0,6	0,1	0,2	—
	PMo	1723	46	3,8	1,8	0,9	—	0,06	—
	PMoB	1969	43	2,2	1,6	0,5	—	0,05	—
Начало бобообразования	P	1743	16	0,9	0,7	0,2	—	—	—
	PMo	1876	45	2,4	1,7	0,5	0,05	0,1	0,05
	PMoB	1835	29	1,6	1,2	0,2	0,1	0,07	—
Налив	P	1787	25	1,4	1,1	0,2	—	0,05	—
	PMo	1830	32	1,7	1,3	0,4	—	—	—
	PMoB	1773	29	1,6	1,2	0,3	0,06	0,06	—

Из табл. 5 видно, что бобы сои поражены болезнями во все сроки внекорневой подкормки и во всех вариантах опыта. Однако при подкормке РМо + В процент пораженных бобов оказался выше.

На удобренном фоне (табл. 6) наблюдалась сходная картина. Наивысший процент поражения во всех сроках внекорневой подкормки был в варианте РМо: в период цветения — 3,8, в начале бобообразования — 2,4 и в период налива — 1,7.

В Приморском крае проведен учет проявления болезней в учебном хозяйстве Приморского сельскохозяйственного института на опытах по внекорневому питанию сои, заложенных по следующей схеме: опыт 1 — фон неудобренный; опыт 2 — фон $N_{30}P_{45}K_{30}$; опыт 3 — фон $N_{30}P_{45}K_{30} + 20$ т перегноя; опыт 4 — фон $P_{45}K_{30}$. В каждом опыте свой контроль, повторность — трехкратная. Почвы — лугово-бурые оподзоленные (Иванов, 1964). Высевали наиболее распространенный в Приморье сорт сои Приморская 529 ленточным способом (51×15 см), норма высева — 350—550 тыс. всхожих зерен на гектар.

В качестве удобрения для подкормок использовали пылевидный суперфосфат (опыт 1, 2 и 3), которым опыливали растения сои из расчета 2 ц/га. Внекорневые подкормки проводили в период начала образования бобов.

Из табл. 7 и 8 видно, что на высоком агрофоне болезни развивались сильнее. Так, наибольший процент поражения наблюдался на агрофоне $NPK + 20$ т перегноя. Значительно ниже процент поражения растений и степень их развития на фоне РК и NPK . Особенно заметно снижение поражения растений ложной мучнистой росой.

Таблица 7
Развитие грибных болезней на фонах до внекорневой подкормки в период цветения, %

Болезнь	Фон							
	NPK		NPK+20 т. перег.		РК		контроль	
	пораж. раст.	степень развиг. болезни	пораж. раст.	степень развиг. болезни	пораж. раст.	степень развиг. болезни	пораж. раст.	степень развиг. болезни
Ржавая пятнистость	53	12	67	33	20	4	76	39
Церкоспороз	25	5	32	6,5	32	5	30	12
Оливковая пятнистость	15	5	25	14	0	0	53	18
Аскохитоз	11	0,5	44	12	28	2	36	12
Пероноспороз	40	0,5	74	33	24	22	10	2

Таблица 8

Развитие грибных болезней на тех же фонах до внекорневой подкормки в период бобообразования, %

Болезнь	Фон							
	NPK		NPK+20 т. перег.		PK		контроль	
	пораж. раст.	степень развнт. болезни	пораж. раст.	степень развнт. болезни	пораж. раст.	степень развнт. болезни	пораж. раст.	степень развнт. болезни
Ржавая пятнистость	75	15	94	75	62	32	70	22
Церкоспороз	100	60	100	85	80	50	100	83
Оливковая пятнистость	50	28	69	49	50	38	70	40
Аскохитоз	36	17	45	30	55	20	67	33
Пероноспороз	95	75	100	82	40	13	83	37

Через 15 дней после внекорневой подкормки нами проведен учет дальнейшего распространения болезней. Из табл. 9 видно, что при внекорневой подкормке сои суперфосфатом в период начала образования бобов почти все болезни развивались одинаково. Это объясняется тем, что к периоду вегетации сои все болезни достаточно проявились, и внекорневая подкормка суперфосфатом не повысила устойчивости растений к ним.

Таблица 9

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на развитие болезней сои, %

Болезнь	Фон					
	NPK		NPK+20 т. перегной		контроль	
	поражение	степ. развнт.	поражение	степ. развнт.	поражение	степ. развнт.
Ржавая пятнистость	100	13	100	16	100	57
Церкоспороз	74	14	83	50	100	60
Аскохитоз	36	17	55	11	36	11
Оливковая пятнистость	40	8	57	20	50	28
Пероноспороз	100	40	75	30	95	55

На фоне PK, где внекорневая подкормка проводилась азотными удобрениями и молибденом, результаты учета получены аналогичные. Такое же явление наблюдалось и на высокоудоб-

ренном фоне (NPK + 20 т перегноя). Однако процент поражения и степень развития пероноспороза или ложномучнистой росы в контроле были значительно выше, чем на опыленных фосфором делянках. По всей вероятности, суперфосфат оказал механическое действие на прорастание спор грибов.

На высокоудобренном фоне привлек внимание опыт с различными нормами высева семян сои. При высеве 350 и 550 тыс. зерен на гектар наблюдалась значительная разница в проявлении грибных болезней (табл. 10).

Таблица 10

Влияние нормы высева сои на развитие болезней, %

Болезнь	550 тыс. зерен на гектар		350 тыс. зерен на гектар	
	поражено растений	степень развития болезни	поражено растений	степень развития болезни
Ржавая пятнистость	56	30	38	19
Церкоспороз	43	10	25	5
Оливковая пятнистость	55	21	30	6
Аскохитоз	22	73	16	30
Пероноспороз	100	60	52	23

Из табл. 10 видно, что процент поражения растений и степень развития болезни значительно ниже при норме высева 350 тыс. зерен на гектар, что особенно заметно при поражении ложномучнистой росой. Объясняется это тем, что при высокой норме высева получают загущенные посевы с сомкнутыми рядами, плохо проветриваемые, создаются благоприятные условия для сохранения капелек воды — фона для развития грибов.

Выводы

1. Внекорневая подкормка суперфосфатом, молибденом и бором, проведенная в ранние сроки вегетации растения, до массового проявления болезней, является наиболее эффективной: на удобренном и неудобренном фонах снижается процент поражения и степень развития заболеваний по сравнению с контролем.

При внекорневой подкормке на этих же фонах, проведенной в периоды образования и налива бобов, процент поражения и степень развития болезней были даже выше, чем в контроле. Растения сои, получившие внекорневую подкормку в поздние сроки их развития, не проявляют устойчивости.

2. На почвах повышенного плодородия значительно снижается процент поражения растений и степень развития болезней на сое при норме высева 350 тыс. зерен на гектар и увеличивается

процент пораженных растений при норме высева 550 тыс. зерен на гектар. Это объясняется излишней загущенностью посева, нарушением светового режима и увеличением влажности воздуха в ценозе.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов И. Н., 1931. Грибные болезни соевых бобов на Дальнем Востоке. Владивосток.

Абрамов И. Н., 1938. Болезни сельскохозяйственных растений на Дальнем Востоке. Владивосток.

Иванов Г. И., 1964. Почвы Приморского края. Владивосток.

Иванов Г. И., 1966. Классификация почв равнин Приморья и Приамурья. Владивосток.

Гунина А. М., А. В. Михайленко, 1964. Методические указания по распространению и учету болезней сои. В сб.: Наука — сельскому хозяйству. Хабаровск.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Агрохимическая характеристика почв Приморья и Приамурья и потребность сои в удобрении	5
Глава II. Биологические основы внекорневого питания сои	30
Глава III. Внекорневая подкормка сои суперфосфатом	40
Глава IV. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на накоп- ление масла, белка и фосфорных соединений в семенах сои . . .	68
Глава V. Влияние внекорневых подкормок азотистыми удобрениями и молибденом на некоторые биохимические процессы у сои . . .	88
Глава VI. Влияние внекорневых подкормок молибденом и азотом на аминокислотный состав белков семян и листьев сои	113
Глава VII. Влияние внекорневой подкормки на развитие грибных бо- лезней сои	142

ВНЕКОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА СОИ
НА ДАЛЬНОМ ВОСТОКЕ

Редактор А. Оранская.

Техн. редактор А. Игнатьев.

Корректоры Т. Голубева и М. Лукоянова.

ВД 03257. Подписано к печати 26/IV-71 г. Формат бумаги 60×90/16. Печ. л. 9.5.
Тираж 800. Бумага типографская № 2. Заказ 1495. Цена 45 коп.

Магаданская областная типография. Площадь М. Горького, 9.