

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, 1939).

Бурые лесные почвы. В Приамурье они распространены по дренированным водоразделам Амура-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 элювие-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 поглощен- ных осно- ваний	гидроли- тическая кислот- ность		P ₂ O ₅ по Чирри- кову	K ₂ O по Пейпае	Mn по Ринь- кису	Mo ок- салат- ный	B* вод- нораств- воримый
Бурая лесная	от 0—15	1,93—	5,0—	2,7—	2,71—	41,5—	2,9—	67—	84,8	0,09	0,20—
	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 Курса- 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., гидrolитическая 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-Буреинской 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 понижено 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 благоприятные.

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 пахутся они на меньшую глубину. Углубление пахотного слоя и улучшение обработки — большой резерв повышения урожая на этих почвах.

По механическому составу среднемоштные 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 среднемоштных 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-подзолистая		Лугово-черноземовидная	
	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					
	Mn	Mo	B	V	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 сернокислую 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, Пашино	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 гидrolитическую 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, 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							
	с 15/V (смешанный до внесения)	1963			1964			1965
		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 удобрения
	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 марганцевого 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 (Катальмов, 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 рН 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 сои, г/сосуд. $M \pm m$	Содержание молибдена, мг/кг сухого веса зерна	Доза мо- либдата аммония, г/га
Луговая глевая	Контроль	$29,1 \pm 0,42$	0,40	—
	Mo, 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	—
	Mo, смачивание семян	$28,3 \pm 0,88$	1,12	50
	Mo, опрыскивание растений	$27,5 \pm 0,50$	4,20	200
Буряя лесная	Контроль	$24,8 \pm 0,50$	0,50	—
	Mo, смачивание семян	$31,1 \pm 0,62$	0,96	50
	Mo, 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 — НРК)

Вариант опыта	Контроль $M \pm m$	Бор, мг/кг почвы			
		0,5	5,0	10	20
Урожай зерна, г на сосуд	17,4±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 удобрениях 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 кремевой 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

Айзупнет 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 металлогенная 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.

Качияни 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. «Химию — 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. опыти. станции, Хабаровск, Ки. 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. опыти. 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.