

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД СОЮ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Т. КУРКАЕВ
Ю. Н. КАЗАЧКОВ
Г. К. ШЕЛЕВОЙ

Виды и нормы минеральных удобрений

На Амурской опытной станции применение минеральных удобрений под сою изучалось с 1930 г., причем опубликована лишь часть результатов (10, 11, 21, 30).

В 1930—1932 гг. было проведено несколько опытов по изучению азотного питания сои. В вегетационном опыте в песчаной культуре, на маломощной и мощной луговой черноземовидной почвах (здесь и далее до 1938 г. — «подзолистой» и «полуболотной», в терминологии авторов опытов) были получены следующие результаты (урожай в г на сосуд):

	<i>Песчаная культура</i>	<i>Маломощная л.-ч. почва</i>	<i>Мощная л.-ч. почва</i>
Без удобрений	—	15,7	11,7
Без азота	3,8	17,4	11,9
Полное удобрение	6,9	19,5	13,7

После сои, как и после других предшественников, азотные удобрения оказались эффективными (табл. 1). По исследованиям Э. И. Шконде (31), на луговой черноземовидной почве соя фиксирует из воздуха и почвы 130—150 кг/га азота; около 20—30 кг/га азота остается в пожнивных остатках. В вегетационном опыте 1930 г. соя слабо усваивала фосфор фосфорита. В песчаной культуре по полной смеси урожай составил 6,9 г на сосуд, без фосфора — 1,8 г, а по фосфориту — 2,1 г.

В 1930 г. А. А. Титляновым был заложен полевой опыт с видами удобрений на маломощной и мощной луговой черноземовидной почве. Предшественник — пшеница. Сульфат аммония, суперфосфат и калийную соль заделывали ручными граблями. Такой же опыт проведен в 1932 г. В. Н. Алексахин в 1938 г. вносил минеральные удобрения под перепашку зяби весной. Результаты этих трех опытов приведены в табл. 2.

Слабый эффект (даже снижение урожая) от удобрений в опыте 1930 г. объяснялся поверхностной заделкой удобрений, а также недо-

Таблица 1

Влияние сои на накопление азота (1932 г., урожай в г на сосуд)

Варианты	Маломощная л.-ч. почва		Мощная л.-ч. почва	
	вся масса	зерно	вся масса	зерно
После сои:				
без удобрений	10,8	3,6	9,5	2,0
азот	60,3	16,4	13,6	2,5
После пара:				
без удобрений	40,6	13,4	27,9	6,5
азот	78,8	31,0	40,2	8,7
После овса:				
без удобрений	10,8	3,3	12,2	3,5
азот	59,8	23,3	26,8	5,6

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на урожай сои (в ц/га)

Варианты опыта	1930 г.		1932 г.	1938 г.
	маломощ. л.-ч. почва	мощная л.-ч. почва		
Без удобрений	13,5	12,7	3,6	22,5
$N_{40} - 60$	14,1	12,3	6,4	31,2
P_{60}	13,6	12,3	2,5	27,4
K_{60}	—	—	3,7	20,7
$P_{60}K_{60}$	—	—	4,9	29,4
$N_{40} - 60K_{60}$	—	—	5,2	27,5
$N_{40} - 60P_{60}$	13,6	12,4	3,7	27,5
$N_{40} - 60P_{60}K_{60}$	12,6	10	4,8	34,9

статочным количеством влаги в мае и особенно в июле. На делянках с азотом отмечено лучшее развитие листьев. 1938 г. был особенно благоприятным в погодном отношении для сои. Осадки распределялись так (в мм): апрель — 25,3, май — 65,6, июнь — 93,5, июль — 167,8, август — 109,3, сентябрь — 56,3. На делянках с азотом отмечалась зеленая окраска листьев, а на остальных делянках — желтая.

Наилучший результат дали азотные удобрения (прибавка урожая — от 0,6 до 12,4 ц/га). А. Г. Новак (25) отмечает, что в одном из экспериментов на Амурской опытной станции урожай сои без удобрений составил 14,8 ц/га, а при внесении азотных удобрений перед посевом — 16 ц/га. В ряде опытов отмечена также неплохая эффективность фосфорных удобрений, что объясняется недостаточным содержанием доступного фосфора в почве (урожай в ц/га):

	1931	1932	1937	1938	1939	1940	Средн.
Без удобрений	16,8	6,6	13,0	23,9	12,5	21,9	15,8
Суперфосфат	19,4	11,5	13,2	27,4	13,5	23,6	18,1

Опыт И. П. Крутова в 1939 г. был заложен на маломощной луговой черноземовидной почве («слабоподзолистой» в терминологии автора опыта), по зяби. Предшественник — пшеница, удобрения заделывали дисковой бороной. Испытывались два сорта — 041 и 045. Подкормка суперфосфатом проведена 16 июня. Результаты опыта показаны в табл. 3.

Влияние удобрений на урожай зерна сои (в ц/га)
и содержание жира (в %)

Варианты	Сорт 041				Сорт 045			
	без подкормки		подкормка P ₃₀		без подкормки		подкормка P ₃₀	
	уро-жай	жир	уро-жай	жир	уро-жай	жир	уро-жай	жир
Без удобрений	12,6	20,6	11,8	20	11,3	20,5	12,4	19,4
P ₆₀	14,9	21	11,8	21,3	10,1	20,8	11,9	19,7
N ₂₀ P ₃₀	13,7	21,4	12,9	21,1	11,1	20,7	12,4	20,2
N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	12,9	21	12,1	20,9	10,6	20,5	12,5	19,4

Сорт 041 лучше отзывался на основное удобрение фосфором, а сорт 045 — на подкормку. Удобрения повысили также содержание жира в зерне. В отчете отмечено, что эффективность удобрения снизилась из-за недостатка влаги. В 1938 г., когда удобрения дали большую прибавку урожая, в июле и августе выпало 277 мм осадков, а в 1939 г. — только 116 мм.

В 1940 г. опыт проводился на такой же почве по пару. Удобрения вносили весной и заделывали дисковой бороной. Результаты опыта:

	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Вес 1000 зерен, г	Жир, %	Белок, %
Без удобрений	21,9	—	157,7	18,5	38,6
P ₃₀	23,6	1,7	161	20	39,1
N ₂₀ P ₃₀	24,3	2,4	157,3	19,5	38,3
N ₂₀ P ₃₀ K ₄₀	24	2,1	161,2	19	38,2

В 1941 г. в опыте М. Ф. Бабич при заделке N₃₀P₆₀K₆₀ боронованием урожай снизился на 1,5 ц/га. Июнь и август были засушливыми. В 1944 г. при внесении P₃₀K₃₀ урожай повысился на 3,1 ц/га (на контроле — 7,1 ц/га).

Изучение минеральных удобрений под сою на опытной станции было возобновлено и расширено с 1958 г. С 1961 г. в вегетационных (В. Т. Куркаев), а с 1962 г. в полевых опытах (Д. А. Курдин и др.) удобрения изучаются на всех основных типах почв области: луговой черноземовидной (лугово-бурой черноземовидной), дерново-подзолистой (буро-подзолистой), бурой и лесной и пойменной луговой (пойменно-бурой). Приводим краткую характеристику этих почв (17, 18).

Луговые черноземовидные — наиболее плодородные из почв в Амурской области. Занимают пониженную часть Зейско-Бурейской равнины. Распространены в Тамбовском, Константиновском, Ивановском, части Белогорского, Октябрьского и Михайловского районов.

Мощные луговые черноземовидные почвы занимают нижнюю часть склонов и неглубокие замкнутые понижения. Окраска пахотного слоя — темно-серая. Гумусовый однородно окрашенный слой достигает 26—35 см. Механический состав глинистый. Естественное плодородие очень высокое. Условия залегания, тяжелый механический состав и большое количество осадков в отдельные периоды вызывают частое переувлажнение этих почв, что ухудшает питание растений.

По содержанию гумуса, поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями мощные луговые черноземовидные почвы не уступают черноземам. Количество гумуса может достигать 8—10%,

сумма поглощенных оснований — 35—45 мэкв. Обменная кислотность почти отсутствует. Общие запасы азота, фосфора и калия велики, но подвижных форм фосфора, а часто и азота недостаточно. Подвижного калия много, и калийные удобрения не требуются. В известковании эти почвы не нуждаются.

Среднемощные луговые черноземовидные почвы — наиболее распространенные — занимают возвышенные равнинные участки и среднюю часть пологих склонов. Однородно окрашенный гумусовый слой достигает 25 см. Окраска темно-серая или серая. По механическому составу эти почвы относятся к глинам. При обильном выпадении осадков летом переувлажняются, что ухудшает условия питания растений и затрудняет сельскохозяйственные работы. Хорошая обработка и углубление пахотного слоя значительно улучшают питание растений.

Гумуса в пахотном слое 4—6%, много его и в подпахотном слое. Сумма поглощенных оснований — 25—30 мэкв. на 100 г почвы. Значительны запасы азота, фосфора и калия, но в доступном для растений состоянии азота и фосфора недостаточно, поэтому эти почвы необходимо удобрять. Содержание доступного калия, как правило, велико — 150—350 мг/кг почвы, что обусловлено тяжелым механическим составом почвы, поэтому калийные удобрения здесь не требуются. Реакция среды слабокислая и близкая к нейтральной (рН 5,4—5,9). В известковании эти почвы не нуждаются.

Маломощные луговые черноземовидные почвы занимают вершины возвышенностей и пологие склоны к падам. Переувлажняются меньше, чем среднемощные и мощные, так как имеют более легкий механический состав и хороший сток. Содержание гумуса достигает 3%, в подпахотном слое оно резко падает. Пахотный слой в результате вспашки доведен до 20 см. Общее содержание азота и фосфора невелико, поэтому удобрений нужно вносить больше. В известковании, как правило, не нуждаются.

Луговые дерновые почвы, по расположению и агрохимическим свойствам — переходные между луговыми черноземовидными и дерново-подзолистыми.

Дерново-подзолистые почвы распространены в Мазановском, Серышевском, Белогорском, Ромненском, Октябрьском и частично в Завитинском районах. Характеризуются незначительной мощностью перегнойного горизонта (8—12 см). Пахотный слой доведен местами до 16—20 см. Окраска его светло-серая.

Механический состав в основном глинистый, физические свойства, особенно подпахотного слоя, неблагоприятны. Тяжелый механический состав и неравномерное выпадение осадков вызывают сильное переувлажнение этих почв. Значительные площади их оглеены. Сумма поглощенных оснований небольшая, гидrolитическая кислотность высокая — 8—10 мэкв. на 100 г почвы.

Гумуса в пахотном слое 2—4%, местами больше; в подпахотном слое содержание его резко падает. Содержание минерального азота низкое или среднее. Очень мало в этих почвах подвижного фосфора. При внесении удобрений фосфор быстро переходит в малоподвижное состояние. На таких почвах целесообразно вносить фосфоритную муку и местно — суперфосфат. Калием почвы обеспечены средне и калийные удобрения местами необходимы. Кислотность высокая и средняя (рН 4,3—5), поэтому обычно требуется известкование.

Бурые лесные почвы распространены на дренированных водоразделах Амуро-Зейского плато и Зейско-Буреинской равнины в Благовещенском, Шимановском, Завитинском, а также Бурейском районах.

Небольшими участками встречаются в других районах, главным образом по бортам падей и склонам террас. В естественном состоянии заняты лесами, имеют небольшую мощность гумусового слоя. Пахотный слой доведен до 14—20 см. Окраска его серовато-бурая.

По механическому составу эти почвы легкие, суглинистые и супесчаные, они меньше переувлажняются. При обильном выпадении осадков подвержены смыву пахотного слоя (эрозии). Сумма поглощенных оснований невысокая. Гидролитическая кислотность средняя.

Гумуса в пахотном слое 2—3%, иногда больше, в подпахотном слое содержание его резко падает. Запасы валовых и подвижных форм азота, фосфора, а часто и калия невелики, поэтому нужно вносить много минеральных и органических удобрений. Кислотность средняя и слабая (рН 4,8—5,2), поэтому местами требуется известкование.

Пойменные луговые почвы распространены в поймах Амура, Зен, Буреи, Архары и других рек. Отличаются легким механическим составом, обеспечивающим хорошее просачивание воды. Окраска пахотного слоя буровато-светло-серая и светло-серая. Плодородие сильно варьирует, пахотный слой доведен до 20 см. Механический состав суглинистый и супесчаный, местами песчаный. Хорошо прогреваются и рано оттаивают.

Гумуса в пахотном слое 2—6%. Содержание доступного азота и фосфора невысоко. В отличие от других почв, в связи с легким механическим составом, азот и фосфор могут вымываться вглубь. Часто на глубине 1—1,5 м фосфора больше, чем в пахотном слое. Это необходимо учитывать при внесении удобрений. Подвижного калия меньше, чем в других почвах, местами калия почти нет; следовательно, требуется внесение калийных удобрений. Возможно, нужны и магниевые удобрения. Органические удобрения быстро разлагаются и дают хороший эффект. Кислотность средняя и слабая (рН 4,8—5,5); местами необходимо известкование.

Агрохимическая характеристика почв, на которых проводились опыты, приведена в табл. 4.

Таблица 4

Агрохимическая характеристика почв опытных участков

Почва	Глуб. взятия обр. (см)	Гумус (%)	мг/кг почвы:		рН сол. вытяжки	мэкв./100 г почвы:		Степ. насыщ. основ., %
			подв. P ₂ O ₅ по Чирикову	подв. K ₂ O по Пейве		сумма погл. основ.	гидролит. кислоты.	
Луговая черноземовидная	от 0—20	2,80—	14,5—	84—	5,4—	21,0—	2,70—	84,7—
	до 0—22	5,31	40,3	310	5,7	28,4	4,56	89,4
Дерново-подзолистая и луговая дерновая	от 0—14	2,64—	1,4—	63—	4,4—	8,3—	4,25—	49,7—
	до 0—18	6,80	16,3	350	5,0	16,5	10,10	79,3
Бурая лесная	от 0—15	1,93—	2,9—	67—	5,0—	2,7—	2,71—	41,5—
	до 0—18	2,27	7,6	140	5,5	18,9	3,90	87,5
Пойменная луговая	от 0—18	2,26—	1,8—	55—	4,5—	9,4—	5,01—	61,2—
	до 0—20	5,99	3,0	143	4,9	15,3	9,70	65,3

В вегетационных опытах 1961—1963 гг. изучались фосфорные и калийные удобрения (табл. 5). На луговой черноземовидной почве фосфорные удобрения действовали слабо или не действовали совсем.

На остальных почвах эффективность фосфора была высокой. На бурой лесной почве в 1962 г. наблюдался эффект и от калия. Фосфоритная мука на всех почвах действовала слабее суперфосфата.

Таблица 5

Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожай зерна сои на различных почвах (в г на сосуд)

Варианты	Луг.-черноз.		Дерн.-подз.		Бурая лесная		Пойм. луговая	
	г	%	г	%	г	%	г	%
1961 год								
Контроль	17,9	100	10,9	100	16	100	—	—
Суперфосфат	17,5	98	13,1	120	18	113	—	—
Фосфоритная мука	18	101	12,6	116	16,3	102	—	—
1962 год								
Контроль	15,2	100	12,7	100	4,8	100	7,1	100
Суперфосфат	16,1	106	14,4	113	8,5	177	12,2	172
Суперфосфат + хлорист. калий	16,2	107	14,7	116	9,5	198	11,8	166
Фосфоритная мука	14,5	95	14	110	8,1	169	10,6	149
1963 год								
Подвиж. P ₂ O ₅ мг/кг почвы								
1—3	—	—	16,4	100	6	100	20	100
20	14,6	100	22,5	137	12,8	213	21,4	107
40	13	89	25	152	17,6	293	23,3	117
60	14,6	100	23,6	144	17	283	24,1	121
80	13,6	93	22,8	139	17,5	292	24,4	122

Результаты изучения удобрений в полевых условиях на луговой черноземовидной почве приведены в табл. 6. В годы опытов отмечено положительное действие азотных или азотно-фосфорных удобрений.

В связи с разработкой способов применения молибдена под сою возник вопрос о взаимосвязи между азотом, фосфором и молибденом в питании сои. Было проведено изучение видов и норм удобрений по молибденовому фону (табл. 7).

Анализ приведенных данных показывает, что в годы с нормальным или избыточным увлажнением (1962, 1963) прибавка урожая составляет 2,2—3,3 ц/га. При недостатке влаги (1964—1966) эффективность удобрений резко снижается.

В 1964 г. в другом опыте с изучением способов внесения удобрений (14) получена прибавка урожая 3,7 ц/га от внесения N₂₀P₄₅ вразброс и N₁₀P₁₅ в рядки. В 1965 г. в опыте по изучению систем удобрения в севообороте внесение N₆₀P₉₀ увеличило урожай на 1,9 ц/га. В опыте Г. В. Голова (БСХИ) на луговой черноземовидной почве в 1965 г. минеральные удобрения дали большой эффект. Внесение P₆₀K₄₀ увеличило урожай на 2,5 ц/га, N₃₅P₆₀K₄₀ — на 4,7 ц/га.

Наиболее ярко зависимость между азотом и фосфором в питании растений при внесении молибдена проявилась в 1963 г. (табл. 8). По фону молибдена сильнее действовали фосфорное и азотно-фосфорное удобрения. Одностороннее усиление азотного питания (варианты 3 и 6) приводило к снижению эффективности молибдена.

Таблица 6

Влияние видов и норм удобрений на урожай сои (в ц/га)

Варианты	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.	1966 г.
Контроль	18,8	26,2	16,2	18,5	8,9	14,1	14,5	13,7
N ₂₀ - 45	18,6	24,6	16,5*	19,8*	12	14,8	17,6	13,6
P ₄₀ - 90	17,3	26,2	16,2*	18,6*	11,5	13,2	13,9	13
N ₂₀ - 45 P ₄₀ - 90	15,5	26,6	16	19,1	13	13,8	15,5	15,3
N ₄₀ - 45 P ₄₀ - 60 K ₄₀ - 60	16,1	25,7	16,8	19,9	13,2	—	—	—
N ₂₀ P ₄₀ - 60	—	—	15,8*	19*	—	—	—	—
N ₆₀ - 80 P ₄₀ - 120	—	24,9*	18,7*	19,8*	14	13,8	16,5	14,5
N ₃₀ - 40 P ₃₀	—	—	—	19,5*	12,1	—	—	—
N ₂₀ - 40 P ₈₀ - 120	—	21,8*	16,9*	18,3*	13,6	12,8	15,2	15,1
Наибольшая прибавка	—	0,4	2,5	1,4	5,1	0,7	3,1	1,6

* Дополнительно вносили K₄₀

Таблица 7

Влияние видов и норм удобрений на урожай сои (в ц/га)
по молибденовому фону

Варианты	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.		1966 г.	
					междур. 45 см.	междур. 60 см.	междур. 45 см.	междур. 60 см.
Контроль	22,2	11,1	12,4	16,1	18,9	17,1	16,8	16,3
N ₃₀ - 40	21,3*	10,6	12	16	18,6	18,1	16,4	16,1
P ₆₀	22*	13,3	13,4	16,6	18	17,6	15,8	15,8
P ₉₀	—	—	—	—	18,7	16,2	14,3	15,7
N ₃₀ - 40 P ₆₀	22,4	11,2	15,1	16,8	—	—	—	—
N ₃₀ - 40 P ₆₀ K ₄₀ - 60	20,6	12,1	15,4	—	—	—	—	—
N ₃₀ - 40 P ₃₀	20,8*	—	14,2	—	—	—	—	—
N ₆₀ P ₆₀	21,4*	—	15,3	14,7	—	—	—	—
N ₃₀ - 40 P ₉₀	23*	—	15,7	16,4	18,7	16,7	16,2	16,4
N ₆₀ P ₇₀	—	—	—	16,9	—	—	—	—
N ₆₀ P ₁₂₀	—	—	—	15,9	18,1	17,2	16,1	17,2
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	—	—	—	—	17,3	17	15,1	16,6
Наибольшая прибавка	0,8	2,2	3,3	0,8	—	—	—	0,9

* Дополнительно вносили K₄₀

Таблица 8

Влияние видов и норм удобрений на урожай сои (в ц/га)

Варианты	Без молибдена		По фону молибдена		Прибавка от молибдена
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	
Контроль	8,9	—	12,4	—	3,5
N ₃₀	11,5	3,1	12	— 2,7	0
P ₆₀	12	2,6	13,4	— 0,4	1,9
N ₃₀ P ₆₀	13	4,1	15,1	1	2,1
N ₃₀ P ₆₀ K _r	13,2	4,3	15,4	3	2,2
N ₅₀ P ₆₀	14	5,1	15,3	2,9	1,3
N ₃₀ P ₃₄	12,1	3,2	14,2	1,8	2,1
N ₃₀ P ₉₂	13,6	4,7	15,7	3,3	2,1

Таблица 9

Накопление сухого вещества, азота, фосфора и калия в растениях сои при внесении удобрений

Варианты	18 июля				25 августа			
	вес сух. вещ. 1 раст., г	содерж. на 1 раст., мг			вес сух. вещ. 1 раст., г	содерж. на 1 раст., мг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	3,59	108	30	120	11,6	346	78	277
	4,62	141	40	153	16,8	533	105	362
	3,76	89	30	141	11,4	254	80	237
N ₄₅ P ₄₅	5,58	203	48	179	13,9	394	100	278
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	5,95	176	49	204	15,0	363	109	328

При внесении удобрения на луговой черноземовидной почве до посева прибавка урожая зерна сравнительно невелика. Однако вес надземной массы растений увеличивается значительно, о чем свидетельствуют данные учета урожая (табл. 9 и 10).

Таблица 10

Влияние удобрений на урожай соломы сои (в ц/га)

Варианты	1958 г.	1959 г.	1964 г.	
			без Mo	с Mo
Контроль	18	22,7	14,2	14,9
N ₃₀ — 45	22	27,1	14,6	16,9
P ₄₅ — 60	19,3	27,4	13,7	14,9
N ₃₀ — 45P ₄₅ — 60	20,7	34,1	15,7	18,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	21,4	33,5	—	—
N ₆₀ — 80P ₄₀ — 60K ₄₀	—	34,8	16,5	19,5
N ₃₀ — 40P ₆₀ — 90K ₄₀	—	31,2	15,2	16,9

Примечание. В 1964 г. в вариантах 6 и 7 калий не вносили.

Таким образом, наблюдается непропорциональный рост непродуктивной и продуктивной части урожая. Одно только допосевное внесение удобрений не обеспечивает хорошего питания сои в течение всего периода вегетации. Динамика подвижных азота, фосфора и калия, приведенная в табл. 11 и 12, показывает, что содержание нитратного азота от внесения удобрений к середине вегетации резко уменьшилось, а подвижного фосфора — почти не увеличилось.

Таблица 11

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

Варианты	19/VI 1 лист		5/VII 3 листа		18/VII цвет.		5/VIII цвет.		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	10,6	4,6	15,4
N ₄₅ P ₄₅	20	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	10,3	17,7	8,9	19,9	8,2	1	9,4	1,9	10,7

Таблица 12

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

Варианты	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 ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12	20	16	99	109	95

В. Б. Багаев (1) показал, что снижение уровня фосфорного питания в период начала цветения замедляет образование репродуктивных органов и усиливает рост вегетативных органов. Нужно учитывать также, что при внесении удобрений вегетативная масса развивается сильнее, а в загущенных посевах может затеняться нижний ярус растений, а это нежелательно (4).

Дополнительное внесение удобрений в период вегетации в 1966 г., несмотря на недостаток влаги в начале роста, заметно увеличило урожай. На контроле урожай составил 13,7 ц/га, на делянке, где внесли N₃₀P₆₀ — 15,3, молибден — 16,8, молибден и N₆₀P₁₂₀ — 17,2, а при подкормке в последнем варианте — 19,2 ц/га. В опытах А. Т. Грицуна (9) перенесение части удобрений в подкормку увеличило неэффективность.

На других типах почв наиболее характерные данные получены в 1963 г. (табл. 13).

Таблица 13

Действие минеральных удобрений на почвах центральной зоны Амурской области (урожай в ц/га, жир в %)

Варианты	Дерново-подзолистая			Буряя-лесная		
	урожай	прибавка	жир	урожай	прибавка	жир
Контроль	5,8	—	19,3	6,2	—	19,5
P ₆₀ K ₆₀	8,8	3	19,7	9,8	3,6	19,7
N ₃₀ K ₆₀	6,2	0,4	19,5	6	0,2	19,5
N ₃₀ P ₆₀	11	5,2	19,7	10,5	4,3	20,5
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	10,7	4,9	19,5	10,9	4,7	20,6
N ₃₀ P ₉₀ K ₆₀	12	6,2	19,9	13,7	7,5	19,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀	9,4	3,6	19,7	9,9	3,7	19,7

Изучение форм фосфорных удобрений показало следующее.

Фосфоритная мука на луговой черноземовидной почве была неэффективной. Действие ее на бурой лесной почве в год внесения было несколько слабее действия суперфосфата (прибавки урожая, соответственно, 3,3 и 3,8 ц/га), а на дерново-подзолистой — значительно слабее. Прибавка урожая от полного минерального удобрения с суперфосфатом составила 5,1 ц/га, а с фосфоритной мукой в равной дозе с суперфосфатом — 2,1 ц/га, в полуторной дозе — 3,2 ц/га. В длительных опытах на этих почвах фосфоритная мука не изучалась.

В 1965—1966 гг. изучение удобрений под сою на основных типах почв вели зональные агрохимические лаборатории.

В полевых опытах Амурской зональной агрохимической лаборатории в 1966 г. наиболее эффективным оказалось фосфорное удобрение (прибавка от P_{60} — 2,4—3,5 ц/га). Повышенные нормы удобрений ($N_{30}P_{90}=120$) на дерново-подзолистой и бурой лесной почвах увеличили урожай на 3,3—4,5 ц/га. Калий на всех почвах, а азот и фосфор на луговой черноземовидной почве не дали эффекта.

В 1964—1966 гг. влияние минеральных удобрений на урожай сои изучалось на сортоучастках области. В среднем за 3 года получен следующий урожай (в ц/га):

	Контроль	P_{60} K_{30-40}	N_{30} K_{30-40}	N_{30} P_{60}	N_{30} $P_{60}K_{30-40}$
Белогорский	14,9	14,8	15,3	15,0	15,4
Тамбовский	20,8	20,4	20,3	20,6	20,7
Октябрьский	7,2	9,1	6,9	11,8	9,8
Бурейский	13,9	16,7	14,9	17,4	18,1
Свободненский	9,7	9,6	9,5	10,7	10,8
Мазановский	8,6	8,9	8,5	10,0	10,0
Зейский	8,8	8,5	9,3	9,6	8,9

Примечание. На Тамбовском и Бурейском сортоучастках данные за 2 года, на Тамбовском сортоучастке дозы удобрений — $N_{35}P_{40}-60K_{50}$.

Прибавка урожая в этих опытах составила: на дерново-подзолистых почвах от азотно-фосфорных и азотно-фосфорно-калийных удобрений — 4,2—4,6 ц/га, на бурой лесной от азотно-фосфорно-калийного — 1,1 ц/га, на пойменных луговых от азотно-фосфорного — 0,8—1,4 ц/га, на луговой дерновой от полного удобрения — 0,5 ц/га. Тамбовским сортоучастком опыты проведены на высокоплодородном поле в годы с недостатком влаги.

В опытах Октябрьского сортоучастка в 1966 г. Амурская 283 дала большую прибавку урожая при внесении удобрений, чем Салют 216 (соответственно 2,7—3,2 и 1—2,1 ц/га). Действие удобрений на дерново-подзолистых почвах сходно с действием на почвах Приморского края (8).

В производственных опытах зональных агрохимлабораторий в 1965—1966 гг. минеральные удобрения по фону молибдена наиболее сильно повысили урожай на пойменной луговой почве (прибавка от $N_{30}P_{60}-90K_{60}$ — 3,3—6,9 ц/га), на бурой лесной почве прибавка от $N_0 - 30P_{60} - 90$ составила 2,5—4,7 ц/га, на дерново-подзолистой от $N_0 - 30P_{60} - 90K_0 - 60$ — 1—2,5 ц/га, на луговой черноземовидной (в 1965 г.) от $N_0 - 30P_{60}K_0 - 60$ — 1,4—2,9 ц/га.

Таким образом, опыты показывают, что удобрения увеличивают урожай на всех почвах. Основное удобрение особенно эффективно на более бедных почвах. При недостатке влаги эффективность удобрений резко снижается.

Внесение под сою только азотных или только фосфорных удобрений не всегда повышает урожай. В большинстве случаев необходимо вносить азотно-фосфорное удобрение; а на почвах, бедных калием, — и небольшие количества калийных удобрений. Потребность в калии возрастает в засушливые годы. На луговых черноземовидных почвах при посеве сои по ранней зяби, чистому пару и при отсутствии переувлажнения вносить азотные удобрения до посева не требуется, фосфорные же необходимы почти всегда, особенно после переувлажнения почвы.

Нормы основного удобрения — $N_{0-30}P_{60-90}K_{0-30}$. Точные дозы определяются на основе агрохимических анализов почвы и данных полевых опытов. Применяются аммиачная селитра, мочевины, суперфосфат, фосфоритная мука (на кислых почвах), хлористый калий.

Однократное допосевное внесение удобрений не обеспечивает нормального питания растений в течение всей вегетации; необходимо дополнительное их внесение в виде подкормки.

Способы и сроки внесения минеральных удобрений

Наиболее эффективны минеральные удобрения при правильном сочетании основного удобрения с рядковым при посеве и внесении подкормок.

С осени 1964 г. на опытной станции начато изучение сроков внесения и глубины заделки основного удобрения. Результаты опытов приведены в табл. 14.

Таблица 14

Влияние сроков внесения и глубины заделки минеральных удобрений на урожай зерна сои (в ц/га)

Варианты	1965 г.		1966 г.	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль	18,5	—	15,5	—
$N_{30}P_{90}$ на глубину 22—25 см осенью	19,6	1,1	15,9	0,4
$N_{30}P_{90}$ на глубину 8—10 см осенью	18,4	—0,1	14,4	—1,1
$N_{30}P_{90}$ на глубину 8—10 см весной	17,8	—0,7	15,9	0,4
P_{90} на глубину 8—10 см осенью + N_{30} на глубину 8—10 см весной	17,2	—1,3	15	—0,5
P_{60} на глубину 22—25 см осенью + $N_{30}P_{30}$ на глубину 8—10 см осенью	18,8	0,3	15,6	0,1

В этих опытах небольшой эффект наблюдался лишь при глубокой заделке удобрений. Однако в 1965 и 1966 гг. осадков в первый период вегетации выпадало меньше среднемноголетнего количества, поэтому полученные данные нельзя считать типичными.

Последствие удобрений на урожай сои на луговой черноземовидной почве было значительным только при внесении навоза. Поэтому нельзя строить систему удобрения сои в расчете на последствие, как предлагают некоторые агрономы. Приводим данные соответствующих опытов (урожай в ц/га):

	1957 г., после пшеницы	1966 г., после пшеницы	1966 г., после кукурузы
Контроль	13,8	17,1	17,2
$N_{60} - P_{30}$ под зяблевую вспашку	—	17,4	16,9

	1957 г., после пшеницы	1966 г., после пшеницы	1966 г., после пшеницы
N ₆₀ - P ₃₀ под дискование	—	17	17,5
N ₃₅ P ₄₅ K ₃₀ под дискование	14	—	—
Навоз, 20 т/га	16,3	—	—

На протяжении ряда лет на опытной станции изучалось рядковое внесение минеральных удобрений при посеве сои. Впервые такой опыт проведен в 1958 г. Удобрения вносили вручную, лентой, на глубину 4—5 см. При такой заделке семена сои соприкасались с удобрением, и поэтому всходы, особенно на делянках, где вносили азот, были изрежены. В 1959—1961 гг. удобрения в рядки заделывали на 2—3 см ниже и в стороне от семян. При этом рядковое удобрение также несколько снижало густоту всходов, однако азот не столь отрицательно влиял на проростки. Приводим данные этих опытов (количество растений на 1 кв. м):

	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	Средн., %
Контроль	36,8	23,6	29,8	36,4	100
N ₁₀	27,9	21,6	29,8	34,8	91
P ₁₀	35,6	21,4	29,1	35,2	96
N ₁₀ P ₁₀	26,3	20,9	28,6	34,1	87
N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	21,8	19,8	28,6	35,4	84

Таким образом, с увеличением количества удобрений в рядке видна тенденция к снижению густоты всходов. Несмотря на это, внесение азота и фосфора в рядки дало прибавку урожая. Лучший результат получен при совместном внесении этих удобрений — в среднем за 4 года прибавка составила 1,4 ц/га:

	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	Средн. прибавка
Контроль	18,4	25,2	15,1	20	—
N ₁₀	19	25,9	17,7	19,4	0,8
P ₁₀	21,9	25,8	15,8	19,4	1
N ₁₀ P ₁₀	20,7	27,1	15,7	20,9	1,4
N ₁₀ P ₁₀ K ₁₀	18,4	24,9	16,6	20	0,3

Внесение азота увеличило вес 1000 зерен в 1960 г. на 4,2 г, а в 1961 г. на 2,4 г (на контроле соответственно 115,4 и 132,5 г) и несколько снизило содержание жира.

В 1962 г. Д. А. Курдин и В. Ф. Миклушонок (14) испытывали сошники для внесения удобрений в рядки. Если полозovidный сошник допускал контакт семян с удобрениями и снизил урожай на 13%, за счет изреживания всходов (28 растений на 1 кв. м при 40 растениях на контроле), то дисковый сошник обеспечивал лучшее внесение удобрений.

Из опытов, проведенных в 1963 г. (14), видно, что рядковое удобрение при внесении сеялкой эффективно на различных амурских почвах. Удобрение заделывалось в 4—5 см от семян и на 2—3 см глубже их. При этом густота всходов почти не снижалась. Получены следующие результаты (урожай в ц/га):

	Контроль	N ₁₀ P ₁₀₋₁₅ в рядки	Прибавка урожая
Луговая черноземовидная	8,9	10,7	1,8
Дерново-подзолистая	7,7	10,3	2,6
Буряя лесная	7,2	10,9	3,7

При внесении $N_{10}P_{15}$ в рядки на бурых лесных почвах в 1965 г. урожай составил 9,2 ц/га — на 3,3 ц/га больше, чем на контроле. Однако рядковое удобрение при посеве полностью не заменяет основного. Наибольший эффект получен при сочетании того и другого: прибавка урожая составила 6,2 ц/га.

В период роста сои может обнаружиться недостаток того или иного элемента. В этом случае необходима подкормка. Опыт с подкормкой сои был поставлен еще в 1937 г. П. Г. Краснюком и И. П. Крутовым; однако, по-видимому, не учитывалась потребность в удобрении, и эффект не был получен. Позднее изучалось действие подкормки сои аммиачной селитрой. Результаты этого опыта (22) следующие:

	Высота раст., см	Кол-во бобов на 1 раст.	Урожай зерна, ц/га
Контроль	47	37	14,2
Внесение азота:			
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 со- зревание	58	53	18,4

Следовательно, лучшим сроком подкормки азотом оказалось начало налива, когда продолжается рост и цветение сои, формируются семена; недостаток азота в этот период может резко снизить урожай. Наибольшая прибавка урожая (5 ц/га) получена при равномерном распределении азота на протяжении вегетации (внесение в несколько приемов).

При подкормке сои в колхозе им. Кирова Тамбовского района в 1949 г. во время цветения (1 ц аммиачной селитры и 1 ц суперфосфата) урожай составил 25 ц/га, прибавка — 4,2 ц/га. Подкормка азотно-фосфорными удобрениями во время цветения и налива зерна на опытной станции повышала урожай на 20—40% (26).

Хорошие результаты получены при подкормке в опытах 1961 г. (В. И. Голов) и 1962 г. (Д. А. Курдин). Опыт 1961 г. проводился на участке, где установлен недостаток азота. Приводим результаты этих опытов (урожай в, ц/га):

	1961 г.	1962 г.
Контроль	18,1	15
N_{20} в фазе 3 листа	19,8	15,3
P_{30} » » »	19	16,4
$N_{20}P_{30}$ » » »	19,2	17,5
N_{20} в фазе 3 листа + P_{30} в цветение	20,6	—

Таким образом, аммиачная селитра повысила урожай на 1,7 ц/га. В 1962 г., когда наблюдался недостаток фосфора, хорошие результаты получены при внесении суперфосфата и совместной подкормке азотными и фосфорными удобрениями (17). Подкормки увеличили вес 1000 зерен: в 1961 г. на 2,7—7,2 г, в 1962 г. на 4,2—14,8 г.

Многие авторы указывают на положительное влияние некорневых подкормок при выращивании различных сельскохозяйственных культур. Хорошие результаты на сое получены в Приморском крае (3,29). В нашем опыте 1957 г., проведенном на Амурской опытной станции,

эффект от азотной подкормки (опрыскивание растений сои N_5 в фазе цветения) не получен, что объясняется обеспеченностью сои азотом. При опыливании посевов порошковидным суперфосфатом (P_{10}) в фазе цветения прибавка урожая составила 2,7 ц/га.

Эффект от некорневой подкормки получен Н. А. Пенчуковой (28). Внесение 1 ц суперфосфата при фосфорном голодании сои на удобренном до посева фоне в фазе цветения и налива повышало урожай на 3,5—4,9 ц/га, а в фазе 50% выполненности бобов (20 августа) — на 2 ц/га. Меньшую эффективность подкормки в этот срок автор объясняет снижением активности физиологических процессов в растениях.

На Октябрьском сортоучастке в 1964 г., в крайне неблагоприятных условиях, урожай на контроле составил 2,8 ц/га, при внесении $N_{30}P_{60}$ — 4,8 ц/га, а при перенесении из этой дозы P_{20} в подкормку — 5,8 ц/га.

В 1966 г. на опытной станции испытывались корневая и некорневая подкормка сои на различных удобренных фонах. Приводим данные опыта (урожай в ц/га)

Основное удобрение	Подкормка	Без подкормки	С подкормкой
Без удобрений	P_{20} некорневая	16,3	17,6
N_{30}	P_{30} корневая	16,1	16,8
P_{90}	$N_{30}P_{30}$ корневая	15,7	17,2
$N_{30}P_{90}$	$N_{30}P_{30}$ корневая	16,4	18,4
$N_{30}P_{120}$	N_{30} корневая	15,8	18
$N_{60}P_{120}$	$N_{30}P_{30}$ корневая	17,2	19,2
$N_{60}P_{120}K_{60}$	P_{20} некорневая	16,6	17,5

Следовательно, эффект получен как при корневой, так и при некорневой подкормке; особенно высоким он был при увеличении количества фонового удобрения.

При подкормках необходим тщательный учет состояния питания растений. Недостающий элемент определяют, наблюдая за внешним видом растений, производя анализ клеточного сока растений и почвы.

Влияние известкования на урожай сои

Изучение известкования почв под сою было начато в 1929 г. (А. А. Титлянов). В вегетационном опыте вносились негашеная известь.

Таблица 15

Влияние извести (в % от сухой почвы) на урожай сои (в г на сосуд)

Варианты	Маломощная луговая черноземовидная		Мощная луговая черноземовидная	
	всего	зерна	всего	зерна
Контроль	51,5	22	48,5	24
0,25%	55,1	24,2	47,7	22,6
0,5%	54,6	24,5	52,4	24,8
0,75%	58	25,4	53,3	23,8
1%	54,5	22,8	65	24

Как видно из табл. 15, на маломощной почве прибавка урожая зерна составила 15%, на мощной почве известь не повлияла на урожай зерна, но значительно увеличила общую массу урожая на делянке с 1% извести.

В 1930 г. тот же автор провел опыт с дозами извести на маломощной луговой черноземовидной почве. Навоз (36 т/га) был запахан на половине участка в 1929 г. под двойку пара. Весной 1930 г. на делянки внесли мелко раздробленную известь из расчета одинарной, двойной и тройной гидролитической кислотности, что соответствует примерно 5, 10 и 15 т/га. Известь заделывали дискованием. В 1931—1933 гг. в этом опыте изучалось последствие извести на урожай сои. Вот данные о действии (1930 г.) и последствии различных доз извести на урожай сои (в ц/га) на маломощной почве:

	Контроль	5 т/га	10 т/га	15 т/га
1930 г.:				
без навоза	7,9	7,5	7,4	6,1
по навозу	9,9	10,3	8,5	8,4
1931 г.:				
без навоза	16,7	14,6	14,9	14
по навозу	11,1	11,9	10,7	10,6
1932 г.:				
без навоза	—	—	—	—
по навозу	13,2	13,6	10,8	10,2
1933 г.:				
без навоза	6,5	4,3	3	2,3
по навозу	3,8	4,6	3,9	4,7
Среднее за 4 г.:				
без навоза	10,4	8,8	8,4	7,5
по навозу	9,5	10,1	8,5	8,5

Последствие извести, внесенной в 1931 г. на мощной луговой черноземовидной почве, изучалось на сое два года. Приводим эти данные:

	Контроль	5 т/га	10 т/га	15 т/га
1933 г.:				
без навоза	7,7	8,2	9,5	9,4
по навозу	11,3	6,6	7,9	8
1934 г.:				
без навоза	19,1	16,6	15,2	14,7
по навозу	17,3	16,9	15,8	16
Среднее за 2 г.:				
без навоза	13,4	12,4	12,4	12,1
по навозу	14,3	11,8	11,9	12

Таким образом, известь в опытах 1930—1934 гг. не дала эффекта. Это объясняется тем, что луговые черноземовидные почвы опытной станции имеют слабокислую реакцию среды (рН — 5,5—5,9) и высокую степень насыщенности основаниями (88,7—90,5%). Такие почвы не нуждаются в известковании.

К сожалению, на кислых почвах, нуждающихся в известковании, опыты с соей в то время не проводились. В Хабаровском и Приморском краях известь изучалась на кислых почвах. В ряде работ отмечено значительное повышение урожая сои в результате известкования (2,8).

В вегетационном опыте 1962 г. на Амурской опытной станции изучалось влияние извести на фоне фосфорно-калийных удобрений на разных почвах. Урожай по фону РК и РК + известь составил соответственно: на луговой черноземовидной — 16,2 и 15 г на сосуд, на дерново-подзолистой — 14,7 и 16,6, на бурой лесной — 9,5 и 9,2, на пойменной луговой — 11,8 и 13,3 г/сосуд. Таким образом, на кислых почвах известь в первый год дала эффект.

В том же году в полевом опыте на дерново-подзолистой почве 2 т/га извести повысили урожай на 1,9 ц/га (контроль — 5,7 ц/га).

В 1963 г. на той же почве — на 1,2 ц/га, а на бурой лесной почве — на 1,1 ц/га. Действие минеральных удобрений по фону извести резко ослабилось. На Мазановском сортоучастке в 1965 г. известь в одном из опытов увеличила урожай на 1,6 ц/га, а в другом — снизила на 0,6 ц/га.

Опыты, заложенные в 1965 г. на других почвах, были рассчитаны на один год и не дали положительных результатов. В 1966 г. М. Д. Салтанов в Амурской зональной агрохимической лаборатории заложил длительные опыты на дерново-подзолистой и бурой лесной почвах. Пока четко разработанных рекомендаций по применению извести на кислых почвах области нет.

Применение микроудобрений

Действие микроудобрений зависит от содержания микроэлементов в почве. Таких данных по почвам Амурской области пока мало. Луговые черноземовидные почвы средне обеспечены подвижным бором (0,38—0,53 мг/кг почвы), лишь маломощные почвы содержат его недостаточно (0,19 мг/кг). В маломощных почвах достаточно подвижного марганца (55—75 мг/кг), на других типах почв (7) его также много (47—110 мг/кг).

Впервые на станции опыт с бором и марганцем заложен в 1939 г. И. П. Крутовым. В 1940 г. он продолжил изучение влияния буры и марганцевого шлама на урожай и качество зерна сои. Бура внесена в 1939 г. в дозе 4 кг/га, в 1940 г. — 5 кг/га, марганцевый шлам — 20 кг/га (это удобрение могло содержать примеси других микроэлементов). Удобрения заделывались дисковой бороной. В первом опыте во время вегетации проведена подкормка бурой (в сухом виде). Результаты опыта 1939 г. приведены в табл. 16.

Таблица 16

Влияние бора и марганца на урожай зерна сои и его качество

Показатели	Сорт 041			Сорт 045		
	конт-роль	бор	марганец	конт-роль	бор	марганец
Без подкормки:						
урожай, ц/га	12,6	14	15,6	11,3	11,5	12,3
вес 1000 зерен, г	123,3	123,9	127,3	138,6	141,7	138,3
содержание, %						
жира	20,6	20,9	21,3	20,5	20,4	20,8
белка	38	38,8	37,6	38,1	40,6	37,8
Подкормка бором:						
урожай	13,1	13,8	15,5	12	11,9	12,5
вес 1000 зерен	122,1	126,4	127,6	136,8	140,4	139,9
содержание, %						
жира	20,3	21,4	20,5	20,3	19,2	19,3
белка	38,6	38,9	38,7	39,3	39,3	38,1

Как видно из таблицы, подкормка бором не оказала заметного влияния на урожай сои. Бура, внесенная в почву, повысила урожай на 1,4 ц/га, марганцевый шлам — на 3 ц/га. Бор повысил содержание жира и белка в зерне, вес 1000 зерен. Марганец повысил вес 1000 зерен.

В 1940 г. наибольшая прибавка урожая получена от бора — 2 ц/га; бор и марганец увеличили вес 1000 зерен:

	Урожай, ц/га	Вес 1000 зерен, г	Жир, %	Белок, %
Контроль	21,9	157,7	18,5	38,6
Бор	23,9	168,8	18,2	39,2
Марганец	22,4	165,5	18,6	39,5

Изучение борных удобрений было продолжено с 1957 г., однако устойчивых прибавок урожая не получено.

В вегетационном опыте 1962 г. выявлена эффективность бора на разных типах почв. На луговой черноземовидной почве бор снизил урожай на 9%, на дерново-подзолистой почве прибавки урожая не дал. В то же время на легких по механическому составу бурой лесной и пойменной луговой почвах внесение бора увеличило урожай на 28—47% (16). В 1963 г. в полевом опыте на бурой лесной почве бор повысил урожай на 1,3 ц/га; в 1966 г. эффекта не было. Обработка семян бором в 1965 г. (борная кислота и бордатолиз на фоне Мо-12,5) на этой почве не повлияла на урожай сои. На бурой лесной почве Бурейского опорного пункта в 1965 г. бор увеличил урожай на 30% (вносили борат магния; доза бора — 1,5 кг/га), на Зейском опорном пункте в 1965 г. — на 1,5 ц/га; в 1966 году эффекта не было. На дерново-подзолистой почве в 1966 г. бор повысил урожай на 14%.

С 1958 г. опытная станция при участии сортоучастков разработали и внедрили в производство высокоэффективный прием — обработку семян сои молибденом (5, 15). На целесообразность применения молибдена указывал Э. И. Шконде (31). Содержание подвижного молибдена в почвах опытной станции — 0,07—0,12 мг/кг почвы, что крайне недостаточно для хорошего роста сои. По данным В. И. Голова (7), содержание валового молибдена в пахотном горизонте основных типов почв Амурской области — 1,3—1,5 мг/кг, а подвижного — 0,09—0,20 мг/кг; этого недостаточно. Следовательно, растения сои здесь очень нуждаются в молибдене.

В 1959—1960 гг. изучались различные способы применения молибденового удобрения, влияние которого на сою обнаружено в 1958 г. (при внесении в почву). Приводим результаты опытов (урожай в ц/га)

	1959 г.	1960 г.	Средн.
Контроль	16,4	14,2	15,3
Мо, смачивание семян	26,3*	20,4	23,4
Мо, опрыскивание растен.	18,3	19,8	19,1
Контроль	22,4	—	—
Мо, внесение в почву	26,4	—	—

* Намачивание в воде (до набухания).

Как видно из этих данных, наибольший эффект от молибдена получен при смачивании семян (до 9,9 ц/га). В опытах сортоучастков внесение молибденизированного суперфосфата не имело преимущества. Гораздо меньшую прибавку дало внесение удобрения в почву и опрыскивание растений. В 1961 г. опудривание семян мелкоизмельченным молибдатовым аммонием в смеси с меркураном повысило урожай на 2,6 ц/га, а смачивание протравленных семян раствором такого же количества удобрений — на 3,4 ц/га. Опудривание семян молибденовым концентратом, содержащим молибден в нерастворимой форме (MoS₂) урожай не повысило.

С 1960 г. изучалось влияние на урожай сои различных доз молибденовокислого аммония, нанесенного на семена путем смачивания. Вот результаты этих опытов (урожай ц/га):

	1960 г.	1961 г.	1965 г.	Средн.	Прибавка
Контроль	16,3	21	15,9	17,7	—
Молибдат аммония в г/га:					
10	20,5	23,2	—	21,9	3,2*
25	21	24,4	18,7	21,4	3,7
50	21,7	24,9	19,3	22	4,3
100	21,7	24,8	19,4	22	4,3

* За 2 года.

Следовательно, оптимальная норма молибдата аммония — 25 г/га, что соответствует 12,5 г/га молибдена.

Действие молибдена становится заметным уже в начале цветения сои. Листья приобретают более темную окраску, чем на контроле, вегетативная масса развивается лучше. Урожай зеленой массы увеличивается на 30—40%, повышается содержание белка. Количество бобов на растении увеличивается на 1—3, а количество зерен — на 3—8. Вес 1000 зерен увеличивается на 15—30 г, содержание белка возрастает на 3—5%. Содержание жира в зерне может несколько снизиться, однако общий выход жира с гектара значительно увеличивается. В зеленой массе молибден не накапливается, в зерне его содержание увеличивается в 2,3—2,8 раза по сравнению с контролем; тем самым молибден оказывает последствие на урожай.

В 1960—1964 гг. на опытной станции изучалось влияние длительного применения молибдена на урожай и качество сои. Ежегодно высевались семена, взятые в предыдущем году с удобренных и неудобренных участков. Часть семян повторно обрабатывалась молибденом, часть оставалась необработанной; таким образом выявилось влияние последствие и длительного применения молибдена под сою (урожай в ц/га):

	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.
Контроль	14,2	18,4	15,1	14	13,3
Последствие молибдена	—	19,2	16,3	15,7	13,7
Молибден:					
1 год	20,4	22,5	20,1	22	15,7
2 года	—	23	20,3	22,3	16
3 года	—	—	20,5	21,9	15,4
4 года	—	—	—	21	15,8
5 лет	—	—	—	—	16,7

Следовательно, последствие молибдена незначительно, ежегодное применение его резко увеличивает урожай; прибавка урожая при длительном применении молибдена остается примерно на одном уровне. Влияние длительности применения молибдена на вес 1000 зерен, содержание жира и белка незначительно (19). Избыточного накопления молибдена в урожае не происходит. Например, в 1961 г. на контроле содержалось 0,3 мг молибдена в 1 кг зерна, а по молибденовому удобрению — 1 мг. Следовательно, и при длительном применении молибдена качество зерна не ухудшается.

Эффективность молибдена зависит от ряда условий: содержания его в почве, а также содержания в почве азота и фосфора, подвижных

форм алюминия, железа, марганца, кальция. При избытке азота или недостатке фосфора, плохой аэрации или переувлажнения почвы эффективность молибденового удобрения резко снижается.

Влияние молибдена в значительной мере улучшает азотное питание и уменьшает потребность в азотных удобрениях. Так, на Белогорском сортоучастке наиболее эффективным молибден оказался на фоне N_{40} . Большие дозы азота на фоне молибдена неэффективны. Аналогичные результаты получены на других сортоучастках (табл. 17).

Таблица 17

Влияние азотных удобрений на эффективность молибдена (урожай сои в ц/га) на сортоучастках

Без азота		N_{20}		N_{40}		N_{60}	
без Мо	Мо	без Мо	Мо	без Мо	Мо	без Мо	Мо
Белогорский, за 3 года							
11,1	14,6	12	15	12,4	16,6	12,7	15,9
Свободненский, за 3 года							
8,6	10,9	9,4	10,7	9,7	10,8	10,1	11,2
Зейский, за 3 года							
9,5	9,8	10,1	11	10,9	10,7	11,2	10,7
Бурейский, за 2 года							
6,4	7,3	7,9	8,6	8,1	9,1	9	9,4
Мазановский, за 3 года							
6,2	8,2	6,1	7,7	7,1	7,6	6,2	7,5
Тамбовский, за 1 год							
12,1	12,7	12,3	12,8	13,2	12,7	13,2	13

Эффективность молибдена зависит и от типа почвы. В вегетационном опыте 1962 г. молибден не увеличил урожай на луговой черноземовидной почве. Это можно объяснить тем, что в сосудах, заполненных почвой, богатой органическим веществом, создается хороший режим азотного питания. На остальных типах почв молибден увеличил урожай на 13—20%.

Сортоучастки, расположенные на разных почвах, испытывали молибденовое удобрение на протяжении ряда лет (опыты организованы А. Е. Кругляком). Приводим результаты этих опытов и многолетние данные опытной станции (урожай в ц/га):

	Кол-во лет	Без Мо	Мо	Прибавка
Опытная станция	8	16,1	20,6	4,5
Белогорский	8	11,7	16,6	4,9
Тамбовский	6	15,8	19,3	3,5
Октябрьский	6	9,5	10,9	1,4
Свободненский	7	10,6	13,1	2,5
Бурейский	7	9,5	12,3	2,8
Мазановский	7	10,6	12,7	2,1

Таким образом, наиболее эффективен молибден на луговых черноземовидных почвах (опытная станция, Белогорский и Тамбовский сортоучастки). На дерново-подзолистых глееватых почвах Октябрьского сортоучастка молибден действовал слабо. На бурых лесных и пойменных луговых почвах остальных сортоучастков эффект от молибдена выше, чем на дерново-подзолистой глееватой почве, но и там действие его снижается из-за недостатка фосфора и других элементов.

Обычно считается, что применение молибдена эффективно на кислых почвах, где мало подвижного молибдена. Между тем, в опытах станции и сортоучастков молибден сильнее действовал на почвах со слабокислой и близкой к нейтральной реакции (рН — 5,7—5,9). Молибден действует, главным образом, через клубеньки, поэтому на дерново-подзолистых почвах, где условия для развития клубеньков плохие (недостаток фосфора, плохая аэрация и, возможно, избыточная кислотность), его влияние на сою слабее.

Цинковые удобрения на опытной станции испытываются с 1960 г. (12). Как показали анализы, в лугово-черноземовидной почве подвижного цинка 0,12—0,19 мг на 1 кг почвы. Такие почвы считаются бедными по содержанию цинка. Несмотря на большую чувствительность сои к недостатку цинка, применение цинковых удобрений (сернокислого цинка и ПМУ-7) на протяжении нескольких лет не дало высоких прибавок урожая (в ц/га) при различных способах внесения:

	Контроль	В почву	На семена	Опрыскив. раст.	ПМУ-7 на семена
1960 г.	14,2	—	15,1	—	—
1961 г.	17,4	—	19,3	—	—
1962 г.	12,1	—	11,2	—	—
1963 г.	17,2	—	18,3	—	18,3
1964 г.:					
1-й опыт	18,8	—	17,8	—	18,2
2-й опыт	18	18	—	—	18,5*
1965 г.:					
1-й опыт	19,6	—	19,6	—	19,6
2-й опыт	18,3	18,1	—	17,7	—

* В почву.

Другие микроэлементы изучались мало. Подвижной меди в луговых черноземовидных почвах содержится 4—7 мг/кг почвы, что, по-видимому, достаточно для всех культур, подвижного кобальта — 0,85—1,05 мг/кг. Ванадия (валовое содержание 100—150 мг/кг), никеля (42—52 мг/кг) и кобальта (7—10 мг/кг), по-видимому, достаточно (7).

На опытной станции несколько лет испытывались различные микроэлементы путем смачивания семян растворами солей (В. И. Голов, Ю. Н. Казачков). Получены следующие результаты (урожай в ц/га):

	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1964 г.
Контроль	20,5	17,4	12,1	16,2
Cu	20,8	17,5	9,4	15,1
Co	20,2	16,7	9,5	16
Ni	22,8	15,1	5,1	16
Cr	19,5	17,7	—	—
I	19,8	18,3	—	16,1
Sr	—	18,1	—	—
Mn	—	17,8	—	—
U	—	—	—	16,7
Bi	—	—	—	16,1

Таким образом, обработка семян сои этими микроэлементами не дала эффекта. Очевидно, их в почве было достаточно.

Обработка семян сои ванадием в 1965 г. повысила урожай на 0,5 ц/га, а молибденом в том же опыте — 3,4 ц/га. Обработка семян сои бором, цинком и медью на Октябрьском сортоучастке в 1963—1965 гг. эффекта не дала.

Влияние микроэлементов на урожай сои изучалось также в 1960—1962 гг. в учхозе БСХИ «Грибское». А. И. Никитина (23) испытывала медь, железо, марганец, цинк, бор, молибден и йод в концентрациях 1,2 и 3% и смесь их. Семена опрыскивались растворами солей. Железо и цинк в 3% концентрации снизили урожай сои, остальные микроэлементы повысили его на 5—36%.

В производственном опыте в совхозе «Партизан» прибавка урожая от железа, меди, йода, бора и смеси микроэлементов составила 51—96%, в Волковском совхозе железо в 1 и 2% концентрации снизило урожай, а йод, бор, медь и смесь микроэлементов повысили его на 12—70%. В 1962 г. йод, кобальт, молибден и бор повысили урожай на 20—41% (13).

Однако вопросы применения микроудобрений (кроме молибдена) путем обработки семян требуют дополнительного изучения.

Рекомендуется применение борных удобрений (бората магния и бордатолита, по 1—1,5 кг бора на гектар) на почвах легкого механического состава, бедных бором. На всех почвах ежегодно успешно применяется молибден путем обработки семян (12,5—25 г молибдена в 1 л раствора на гектарную норму семян). При использовании молибдена нужно следить за содержанием азота и фосфора в почве и путем внесения удобрений создавать оптимальное соотношение их.

Местные удобрения

Из местных удобрений на опытной станции длительное время испытывались навоз и зола (И. П. Стаценко, П. Г. Краснюк, И. П. Крутов). Действие навоза на сою испытывалось в третьем поле севооборота после пшеницы. Все годы сою высевали по зяби, в 1933 г. — по весновспашке. Результаты опытов приведены в табл. 18.

Таблица 18

Последствие навоза на урожай зерна сои (в ц/га)

Годы	Без удобрений	Внесение навоза:		
		18 т/га под взмет пара	36 т/га под взмет пара	36 т/га под двойку пара
1930	9,3	7,5	6,4	8,1
1931	16,8	17,5	17,8	19,2
1932	6,7	12,9	12,4	12
1933	7,4	7,4	8,1	—
1934	13,6	15,5	17,1	15,5
1935	15,1	16,6	16,9	16,6
1936	8,2	10,3	9,5	9
1937	12,9	12,9	11,3	12
Средн. за 8 лет	11,3	12,6	12,4	13,2*

* За 7 лет.

В 1933 и 1935 гг. сорняков на посевах сои по навозу было больше, чем на удобренных делянках. В 1933 г. сеяли в сухую и глыбистую почву, в результате всходы были недружными и неровными. Причины снижения урожая сои по навозу в 1930 г. не указаны.

В 1938 г. при внесении 40 т/га навоза под вспашку зяби урожай сои увеличился с 25,5 до 30 ц/га, в 1957 г. от последствий 20 т/га навоза — с 13,8 до 16,3 ц/га.

Влияние золы на урожай сои изучалось на протяжении ряда лет. Применялась соломенная зола по 10—15 ц/га. Последствие золы на третий год после внесения дало в среднем прибавку 2,1 ц/га:

	1930	1931	1932	1938	1939	1940	В средн.
Контроль	9,3	16,8	6,7	25,5	12,6	21,1	15,3
Зола	7,3	19,5	11,2	27,1	15,5	23,6	17,4

В 1934 г. в колхозе «Красный орден» (ныне «Приамурье») Тамбовского района урожай сои без удобрений составил 16,8 ц/га, а по рыбным тукам — 19,5 ц/га. Количество внесенных туков не указано (24).

Таким образом, опыты показали, что навоз в последствии существенно повышает урожай сои и в севооборотах с внесением навоза это нужно учитывать. Последствие золы также положительно сказывается на урожае.

Бактериальные удобрения

Для повышения урожаев сои большое значение имеет усиление азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий. Один из приемов, способствующих этому, — применение нитрагина. Опыты многих научно-исследовательских учреждений показали, что лучше применять нитрагин, приготовленный на местных штаммах клубеньковых бактерий.

В 1944 и 1945 гг. И. П. Крутовым, а в 1953 г. И. С. Андросовым на опытной станции испытывались нитрагин и азотобактерин. Опыт в 1944 г. был заложен по обороту пласта на фоне фосфорно-калийных удобрений. Нитрагин вносили с семенами сои. Опыт 1945 г. закладывался по пару. В период роста растения на удобренных делянках выглядели лучше, чем на неудобренных. В 1953 г. опыт был заложен по весновспашке. Приводим результаты этих опытов (урожай в ц/га).

	1944 г.	1945 г.	1953 г.
Без удобрений	7,1	9,5	16,9
Нитрагин	8,2	11,3	16,7
P ₃₀ K ₃₀	10,2	—	—
Нитрагин + P ₃₀ K ₃₀	10,1	—	—
Гранозан	—	—	18,6
Нитрагин+гранозан	—	—	17,5
Азотобактерин	—	11,6	—

Таким образом, в двух случаях нитрагин повысил урожай на 1,1—1,8 ц/га, а азотобактерин в одном случае — на 2,1 ц/га. В те годы нитрагин и азотобактерин в небольшом количестве изготовлялись на опытной станции.

В опыте 1958 г. нитрагин на стандартном штамме прибавки урожая не дал. В пятилетних опытах с испытанием местных штаммов 641 и 646, выделенных из местных почв (20), нитрагин три года давал досто-

верную прибавку урожая (1,4—2,9 ц/га). Нитрагин на стандартном штамме 631 в тех же опытах урожая не повышал. В производственных опытах на бурой лесной почве прибавка урожая составила 2,6 ц/га, на дерново-подзолистой почве урожай не повышался или даже снижался.

Е. А. Ворошилова (6) в 1962 г. на луговой черноземовидной почве в производственном опыте изучала нитрагин на местном штамме 648, выделенном из клубеньков сои Салют 216, а также дрожжи, выделенные из ризосферы сои и местные штаммы фосфробактерий. Урожай на контроле составил 13 ц/га, по нитрагину — 14,5, по нитрагину с дрожжами — 15,6 ц/га. Фосфробактерии повысили урожай на 1,6—2,6 ц/га.

В 1963 г. в полевом опыте того же автора нитрагин на штамме 648 повысил урожай на 4,8 ц/га, на двух других штаммах — на 2,7—2,9 ц/га. Дрожжи урожая не повысили. В производственном опыте в колхозе «Приамурье» нитрагин дал прибавку урожая 2,2 ц/га. Под влиянием клубеньковых бактерий увеличивалось содержание протеина в зерне и зеленой массе сои.

Таким образом, применение нитрагина на местных штаммах при благоприятных для развития клубеньков почвенных условиях (аэрация, влажность, оптимальная кислотность, наличие фосфора и молибдена) повышает урожай сои. Применение нитрагина обязательно, если на корнях сои не обнаруживаются клубеньки. Отбор и испытание высокоактивных штаммов клубеньковых бактерий должны быть продолжены. Необходимо изучить применение нитрагина в сухом виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багаев В. Б. Влияние условий фосфатного питания на рост растений и качество урожая сои. Изв. ТСХА, № 3, М., 1958.
2. Басистый В. П., Бурлака В. В., Сысоров Н. Д. Применение известковых удобрений на переувлажняемых почвах Приамурья. Хабаровское кн. изд-во, 1965.
3. Беликов И., Ткаченко И. Соя в Приморском крае. Приморское кн. изд-во, Владивосток, 1961.
4. Беликов И. Ф. Биологические особенности сои. — В кн.: Соя в Приморском крае. Владивосток, кн. изд-во, 1965.
5. Бурлака В. В. Растениеводство Дальнего Востока. Хабаровск, кн. изд-во, 1965.
6. Ворошилова Е. А., Лопатин Н. Г., Пашкина Т. С. Влияние местных штаммов клубеньковых бактерий на урожай сои. «Агробиология». 1964, № 8.
7. Голов В. И. О содержании микроэлементов в почвах Приамурья. — В кн.: Проблемы сельского хозяйства Приамурья, т. 1, Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во, 1966.
8. Грицун А. Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток, кн. изд-во, 1964.
9. Грицун А. Т. Применение удобрений под сою. — В кн.: Соя в Приморском крае. Владивосток, кн. изд-во, 1965.
10. Енкен В. Б. Соя. М., Сельхозиздат, 1959.
11. Золотницкий В. А. Соя на Дальнем Востоке, Хабаровск, кн. изд-во, 1962.
12. Казачков Ю. Н., Куркаев В. Т. О влиянии цинковых удобрений на урожай сои и кукурузы. — В кн.: Труды Амурской с/х. опытной станции, т. 1, Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во, 1965.
13. Кононович А. И., Лопатин Н. Г. Влияние микроэлементов на некоторые физиологические показатели, урожай и минеральный обмен сои. — В кн.: Микроэлементы в Сибири, вып. 4, Улан-Удэ, кн. изд-во, 1965.
14. Курдин Д. А., Миклушенок В. Ф., Сырой А. А. Рядковый способ внесения удобрений под сою. — В кн.: Труды Амурской с/х. опытной станции, т. 1, Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во, 1965.
15. Куркаев В. Т., Голов В. И. Методические указания по применению молибдена под сою. Благовещенск, Амурское кн. изд-во, 1962.
16. Куркаев В. Т. О влиянии микроэлементов на урожай сои в Амурской области. — В кн.: Микроэлементы в Сибири, Улан-Удэ, кн. изд-во, 1963.

17. *Куркаев В. Т.* Применение удобрений в Приамурье. Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во, 1965.
 18. *Куркаев В. Т.* Почвы Амурской опытной станции и необходимость их удобрения. — В кн.: Труды Амурской с/х. опытной станции, т. 1. Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во 1965.
 19. *Куркаев В. Т.* Влияние молибдена на сою при длительном применении. Там же.
 20. *Куркаев В. Т.* Результаты изучения шитрагина на местных штаммах под сою. Там же.
 21. *Леценко А. К., Касаткин Б. В., Хотулев М. И.* Соя. М., Сельхозгиз, 1948.
 22. *Мальши К. К.* Возделывание сои в Хабаровском крае. Рукопись, 1946.
 23. *Никитина А. И.* Предпосевная обработка семян сои микроэлементами. «Земледелие», 1962, № 12.
 24. *Новак А. Г.* Удобрения на Дальнем Востоке. Хабаровск, «Дальгиз», 1940.
 25. *Новак А. Г.* Основные вопросы земледелия Дальнего Востока. Хабаровск, кн. изд-во, 1959.
 26. *Новак А. Г.* Соя на Дальнем Востоке. Владивосток, кн. изд-во, 1960.
 27. Отчеты Амурской сельскохозяйственной опытной станции за 1929, 1930, 1936, 1938—1941, 1948, 1953, 1957—1966 годы. Рукописи.
 28. *Ленчукова Н. А.* Некорневые подкормки сои. — В кн.: Труды Амурской с/х. опытной станции, т. 1. Благовещенск, Хабаровское кн. изд-во, 1965.
 29. *Сидоренко П. К.* Внекорневая фосфорная подкормка сои. — В кн.: Научные труды Приморского с/х. института и Приморской с/х. опытной станции, «Агрономия», вып. 1, Владивосток, кн. изд-во, 1966.
 30. *Терентьев А. Т.* Удобрения под полевые культуры. Благовещенск, Амурское кн. изд-во, 1956.
 31. *Шконде Э. И.* Роль сои в накоплении азота почвы. «Удобрение и урожай», 1957, № 1.
-